

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN  
LA EMPRESA ICOMALLAS S.A.**

**ALEXANDER RAMÍREZ DIAZ**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2014**

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN  
LA EMPRESA ICOMALLAS S.A.**

**ALEXANDER RAMÍREZ DIAZ**

**Proyecto de grado para optar el título de  
Ingeniero Industrial**

**Director  
HENAN SOTO GARCÍA  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2014**

**Nota de aceptación**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial.**

**JIMMY DÁVILA**  
**Jurado**

**ALEJANDRO SILVA**  
**Jurado**

Santiago de Cali, Noviembre 2014.

Gracias a Dios, a nuestros padres y familiares que con su apoyo, esfuerzo y dedicación nos ayudaron en este proceso de formación personal, académica y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor del presente documento expresa sus agradecimientos a:

Los directivos de la Universidad Autónoma de Occidente.

El grupo de docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial por su nivel académico, formativo e intelectual.

A los compañeros de estudio y grupo de investigación quienes con sus aportes contribuyeron a una mejor perspectiva del estudio.

Al director del proyecto de grado Hernán Soto por su dedicación y profesionalismo en los procesos metodológicos y académicos en la dinámica del presente proyecto.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
<b>1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>18</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>18</b>
<b>4. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>19</b>
<b>4.1 ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA</b>	<b>19</b>
<b>4.2 ANTECEDENTES</b>	<b>20</b>
<b>4.3 MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
<b>4.3.1 Sistemas de planeación y programación de operaciones.</b>	<b>25</b>
<b>4.3.2 Pronóstico.</b>	<b>33</b>
<b>4.3.3 Administración de inventarios.</b>	<b>42</b>
<b>5. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>49</b>

<b>5.1 SELECCIÓN DEL PRODUCTO PARA EL ANÁLISIS</b>	<b>49</b>
<b>5.2 DETERMINACIÓN DEL INVENTARIO ABC</b>	<b>50</b>
<b>5.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA</b>	<b>52</b>
5.3.1 Pronóstico familia expandida.	52
5.3.2 Pronóstico referencia seleccionada.	55
5.3.3 Pronóstico de la materia prima.	64
<b>5.4 CONTROL DE INVENTARIO CON DEMANDA DETERMINISTICA</b>	<b>74</b>
5.4.1 Modelo cantidad fija.	74
<b>5.5 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN</b>	<b>81</b>
5.5.1 Planeación agregada.	81
5.5.2 Plan maestro de producción.	83
5.5.3 Explosión de material.	84
5.5.4 Programación y control de la producción.	85
5.5.5 Programa de producción.	89
<b>6. BENEFICIOS</b>	<b>92</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>93</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>94</b>

## **BIBLIOGRAFIA**

**95**

## **ANEXOS**

**99**



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cálculo de la regresión lineal	42
Figura 2. Proceso de reposición	44
Figura 3. Stock de Seguridad	47
Figura 4. Gráfico % Participación en la venta	49
Figura 5. Diagrama Pareto de la clasificación de productos	51
Figura 6. Ventas comparativas familia expandida	52
Figura 7. Comportamiento venta de la familia	53
Figura 8. Ventas comparativas por año	55
Figura 9. Venta por mes con tendencia año 2011	56
Figura 10. Venta por mes con tendencia año 2012	56
Figura 11. Venta por mes con tendencia año 2013	57
Figura 12. Grafico comportamiento de la venta en M2	58
Figura 13. Gráfica comparativo venta real vs pronóstico	63
Figura 14. Consumo comparativo por año	64
Figura 15. Consumo 2011 con tendencia	65
Figura 16. Consumo 2012 con tendencia	65
Figura 17. Consumo con tendencia año 2013	66
Figura 18. Comportamiento del consumo	67

<b>Figura 19. Gráfica comparativa consumo vs pronóstico</b>	<b>72</b>
<b>Figura 20. Flujograma para seleccionar métodos de pronósticos</b>	<b>73</b>
<b>Figura 21. Diagrama de proceso</b>	<b>85</b>
<b>Figura 22. Rombo de la malla</b>	<b>86</b>
<b>Figura 23. Sistema de planeación y programación de la producción</b>	<b>91</b>

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Venta Anual Por Familia	49
Cuadro 2. Clasificación ABC de los productos	50
Cuadro 3. Datos estadísticos	53
Cuadro 4. Resultados de los métodos	54
Cuadro 5. Método SIT	54
Cuadro 6. Venta por mes año 2011	55
Cuadro 7. Venta mes año 2012	56
Cuadro 8. Venta mes año 2013	57
Cuadro 9. Datos estadísticos	57
Cuadro 10. Promedio móvil simple (PMS)	59
Cuadro 11. Promedio simple ponderado (PMP)	60
Cuadro 12. Suavizamiento exponencial simple (SIM)	61
Cuadro 13. Suavizamiento exponencial con tendencia (SIT)	62
Cuadro 14. Resultados de los modelos de pronósticos	63
Cuadro 15. Venta mes año 2011	64
Cuadro 16. Consumo mes año 2012	65
Cuadro 17. Consumo mes año 2013	66
Cuadro 18. Datos estadísticos	66
Cuadro 19. Promedio móvil simple (PMS)	68
Cuadro 20. Promedio simple ponderado (PMP)	69

<b>Cuadro 21. Suavizamiento exponencial simple (SIM)</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 22. Suavizamiento exponencial con tendencia (SIT)</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 23. Resultados de los modelos de pronósticos</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 24. Costo de mantener inventario</b>	<b>76</b>
<b>Cuadro 25. Parámetros de la referencia</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 26. Parámetros de la Materia prima</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro 27. Calculo unidad agregada para la familia expandida</b>	<b>82</b>
<b>Cuadro 28. Plan agregado con operarios fijos</b>	<b>83</b>
<b>Cuadro 29. Plan de producción</b>	<b>84</b>
<b>Cuadro 30. Secuencia de TPC</b>	<b>87</b>
<b>Cuadro 31. Secuencia de TPC y alistamiento</b>	<b>88</b>
<b>Cuadro 32. Programa de producción semanal</b>	<b>89</b>

## RESUMEN

El objetivo del proyecto es suministrar un sistema de planeación y programación de producción que permita de manera adecuada determinar el momento, la cantidad y la referencia a programar con el fin de evitar clientes insatisfechos.

El proyecto, mediante una investigación sobre las diversas herramientas de planeación de producción y un marco de referencia, pretende establecer un sistema para pronosticar la demanda, un sistema para controlar los inventarios de materia prima y producto terminado, y por ultimo un sistema para planear la producción.

Primero se procede a realizar una previsión de demanda por medio de datos históricos que permita de la mejor manera describir un comportamiento futuro para pronosticar la demanda futura. Después se establece un lote económico para la producir y un lote económico para comprar la materia prima, con el fin de minimizar los costos de mantener el inventario. Por último es necesarios agregar los productos que tengan especificaciones similares con el fin de calcular la cantidad de trabajadores necesarios para garantizar el cumplimiento de la demanda, posterior a esto se desagrega a la referencia seleccionada, para establecer el plan maestro de producción y programa de producción, definiendo una secuencia con base al tiempo de proceso más corto (TPC).

Palabras claves: Sistema, previsión, agregar, secuencia, planeación, programación.

## INTRODUCCIÓN

La planificación y programación de la producción es una tarea muy común en todo tipo de empresas y sectores, especialmente en empresas del sector industrial. En algunas empresas se resuelven por separado ambos problemas (planificación y programación) y en muchos casos inadecuadamente. Esto se debe a la complejidad y variedad inherente a estos problemas que están vinculados a la filosofía y manera de trabajar de las distintas empresas.

En este sentido, el problema central de este proyecto es la deficiente planeación de la producción en la compañía Icomallas S.A., debido a que el sistema de planeación actual no satisface las necesidades de los diferentes procesos de la organización, para lo cual se plantea como objetivo general establecer una herramienta para la toma de decisiones en cuanto al momento, cantidad y producto a programar en los diferentes procesos de la compañía.

Para cumplir con los objetivos trazados del proyecto, se plantea implementar una metodología descriptiva de tres etapas de desarrollo; la primera etapa consiste en establecer un sistema para pronosticar la demanda de las referencias que se producen para inventario, la segunda etapa consiste en plantear un sistema de control de inventario para los materiales y producto terminado y la tercera etapa consiste en establecer la planeación agregada, MPS y programación de piso.

En conclusión, el presente proyecto busca establecer una metodología para la planeación de la programación de la producción en la compañía Icomallas S.A., con el fin de impactar efectivamente la problemática no solo en la toma de decisiones en cuanto al momento, cantidad y producto a programar en los procesos productivos, sino en la reducción de costos derivados de una política de inventario para suplir las ineficiencias en la planta y cambios en la demanda, debido a que son las principales causas que afectan el cumplimiento de la programación en la producción.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La planificación es base fundamental para la toma de decisiones que redunde de la conexión entre las diferentes áreas de la organización; con el fin de eliminar las debilidades y aprovechar las oportunidades y fortalezas que se presentan en el desarrollo de los procesos productivos. A través de la planeación se puede definir el momento y la cantidad a fabricar entre otros, fijando un punto de equilibrio, y logrando la construcción de un modelo efectivo que garantice la competitividad en el mercado.

En la actualidad la empresa cuenta con una programación semanal de la producción, la cual especifica cuando y cuanto producir de las referencias, que en el inventario estén igual o menor a 15 días de cobertura. Para calcular la cobertura la gerencia ha establecido un presupuesto el cual ha sido definido con base a las ventas históricas y de manera cualitativa. La programación debe reabastecer el inventario de las sucursales hasta completar los 26 días de la política, con el fin de mitigar las ineficiencias de la planta, los imprevistos y la variación en la demanda.

El cumplimiento al programa se ve afectado por muchas causas y es preciso re-planificar las actividades de la mejor manera posible, pero este cambio en algunos casos genera errores en la planta, desgaste de los colaboradores, retrasos en las entregas y desorden en el interior de la compañía. Otra variable que afecta negativamente la compañía es la política de 15 días de inventario para los materiales.

El control en la producción es deficiente puesto que no se cumple con la fecha de inicio, se desconoce el progreso de la orden de producción, y se incumple con la fecha de abastecimiento en las sucursales. La falta de comunicación con el área de despachos por parte de la planta genera retrasos en los envíos de mercancía, entregas incompletas y desaprovechar la capacidad del vehículo contratado, o en ocasiones extremas no se realiza el despacho y se deja algún pedido o pedidos urgentes para el área comercial.

Finalmente en Icomallas S.A., se logra evidenciar, que estos problemas en conjunto conllevan a incurrir en horas adicionales, clientes insatisfechos, exceso o faltantes en el inventario y así, los costos de mantener inventario y unidades terminadas se convierten en elementos inciertos, la propuesta para disminuir el impacto que estos problemas ocasionan consiste en establecer un sistema para la planeación de la producción.

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera se puede sistematizar la planeación de la producción, con el fin de tener una visión clara del estado actual de la planta y proporcionar información para la toma de decisiones?



## 2. JUSTIFICACIÓN

Si bien la planificación es una problemática común para toda empresa, no se ha resuelto de forma sistemática dado al gran número de variables que afectan las decisiones que se deben tomar, y que hacen muy difícil la sistematización de estos procesos de decisión.

El desarrollo de este proyecto representa una oportunidad tanto para el autor del mismo como para la compañía, en el sentido de proponer una solución al proceso de planeación de la producción para los productos que se fabriquen para stock y sirva de base para los productos importados. La planeación de la producción en Icomallas está definida por un presupuesto y una política de inventarios, que al caer el inventario a 15 días activa las alarmas de programación para reabastecerlo y así evitar ventas perdidas en las sucursales. Este sistema ha permitido a la compañía cubrir las necesidades de sus clientes y mantenerse en el mercado.

Por lo anterior para la empresa será de suma importancia el lograr mejorar el proceso de planeación de la producción, puesto que por medio de ella se logra vigilar la disponibilidad de los recursos y demás elementos de fabricación en el momento oportuno y el lugar requerido. Reduciendo en lo posible sobre costos por tiempos muertos, ventas perdidas y mano de obra inactiva. Al finalizar este proyecto los principales beneficiarios son:

- El estudiante, porque adquiere habilidad y destreza en cuanto a la identificación de los modelos de planeación de la producción, su estructura y el impacto que genera a las empresas el no tenerlo integrado de manera adecuada.
- La empresa, porque contribuye a que las actividades sean ordenadas y enfocadas, direccionando los esfuerzos hacia los resultados deseados, permitiendo visualizar las posibilidades futuras y los cambios que se puedan generar reaccionando de forma oportuna. Esto se logra por medio de:
  - Un sistema para estimar la demanda.
  - Un sistema adecuado para controlar los inventarios.
  - Un sistema para programar la producción.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Mejorar el sistema de planeación de producción en la empresa Icomallas S.A.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer un sistema para pronosticar la demanda de la referencia de la familia malla expandida que se producen para inventario.
- Mejorar el sistema de control de inventario para los materiales y producto terminado para stock.
- Mejorar los procesos de planeación agregada, MPS y programación de piso.

## **4. MARCO DE REFERENCIA**

### **4.1 ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA**

Icomallas S.A. es una empresa familiar con experiencia en el mercado nacional desde 1972, con una amplia gama de mallas y tejidos metálicos los cuales poseen los mejores insumos y materia prima de alta calidad para ofrecer a sus clientes, productos novedosos y eficaces.

Con base en su experiencia adquirida a través de sus 32 años de labores les permite ofrecer a su selecta clientela el asesoramiento necesario para la compra del producto adecuado, por medio de los siguientes servicios:

- Visita a sus instalaciones.
- Fabricación de mallas de acuerdo con medidas requeridas.
- Asesoramiento técnico.
- Diseño de soluciones especiales a medida con cualquiera de sus productos.
- Proyecto y ejecución de obras.
- Envíos a todo el país.

La compañía a nivel nacional ofrece los siguientes productos garantizando su calidad y servicio:<sup>1</sup>

- Malla expandida EXR
- Lámina perforada
- Malla tejida en acero inoxidable
- Zaranda diagonal galvanizada
- Malla hexagonal recubierta en PVC
- Malla electrosoldada recubierta en PVC
- Concertina para seguridad
- Malla eslabonada
- Mallas onduladas galvanizadas y mallas cribas
- Gaviones
- Malla plástica
- Malla o angeo mosquitero

---

<sup>1</sup> Empresa Icomallas S.A. Aspectos generales [en línea]. <<http://www.icomallas.com/home.html>> [citado en 20 de septiembre de 2014]

## 4.2 ANTECEDENTES

Uno de los aspectos que más influye en la organización de una empresa, es la planeación de la producción; para controlar y mejorar este proceso, las empresas han desarrollado estrategias que abordan adecuadamente los diferentes problemas que se presentan en dicho proceso.

En el año 2005, Sandra Lorena Marín Hincapié planteó en su tesis “Diseño y aplicación de un sistema de planeación y programación de la producción en una empresa procesadora de lácteos, INDUCOLSA S.A.<sup>2</sup>.” la problemática que existía en esta empresa, debido a que no contaba con un sistema de producción que le permitiera reaccionar rápida y eficientemente ante la demanda que le exigía el mercado, lo que ocasionaba insatisfacción en los clientes por la entrega inoportuna e incompleta de pedidos, generando pérdida de ingresos y de clientes. Esto debido, a que no existía una planeación a futuro, no había conocimiento en el comportamiento de la demanda, falta en la capacidad de almacenamiento, y por ende no se daba una respuesta rápida por falta de inventario en existencia. Además, no existían pronósticos de la demanda que permitieran conocer el posible comportamiento de la demanda.

El proyecto, como tal buscaba que INDUCOLSA S.A. a través de tres fases logrará planear la producción de una manera eficiente, la primera fase se basó en la recolección de datos históricos de las ventas de cada producto terminados en los últimos 12 meses, con esto se logró analizar el comportamiento de la demanda para cada producto, como paso para la construcción de un modelo de pronóstico apropiado. En la segunda fase, se implementaron políticas de inventario a fin de controlar los niveles y garantizar un nivel de servicio alto, mejorando la rotación de inventarios y reduciendo costos y pérdidas por vencimiento. La tercera fase, correspondió al diseño y la implementación del sistema de planeación de la producción, desde la planeación agregada, el plan maestro de producción, y la implementación de una MRP para conocer los requerimientos de material, planificación la colocación de pedidos a compra y la producción en el corto y mediano plazo, esto con el fin de evitar pedidos incompletos y a destiempo. Este proyecto buscaba grandes beneficios para la empresa ya que permitiría mejorar el servicio a los clientes, bajar inventarios, reducir los excesos, faltantes, demoras, mal almacenamiento y pérdida de los productos terminados.

---

<sup>2</sup> MARIN, Sandra Lorena. Diseño y Aplicación de un sistema de Planeación y Programación de la Producción en una Empresa Procesadora de Lácteos. Trabajo de Grado Ingeniero de Producción. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2005. 175 p.

En el año 2003, Paola Sánchez Díaz y Carlos Eduardo Ortega López<sup>3</sup>, plantearon una tesis que tuvo como problemática la planeación de la gestión del servicio y la producción en el Departamento de Investigación y Desarrollo en la compañía sistemas de información empresarial S.A. Aunque esta es una empresa que ofrecía servicios tales como: producción de software comercial desarrollando sistemas contables de nómina, inventarios, compras, facturación, producción, activos fijos y cartera, se evidencian falencias en la planeación de los productos nuevos y de los requerimientos de los clientes, ya que se trata de productos intangibles donde las mediciones del proceso son subjetivas y difíciles de calcular. Esto incentivó la puesta en marcha de un plan que diera solución a las dificultades que se estaban presentando en esta compañía, es así, como se propone la implementación de un software que permitiera plantear, programar y ejecutar todas estas actividades con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes.

Para esto se hizo un estudio de campo, analizando y describiendo claramente de los cargos o áreas del departamento, además se realizaron entrevistas a todos los funcionarios para obtener la información sobre el cómo se planeaba el desarrollo de los requerimientos y de los nuevos sistemas en el departamento de I&D, se hizo un análisis estadístico de los indicadores de gestión con el fin de medir los resultados de la planeación y la ejecución de los requerimientos, se determinó una nueva estructura en el departamento de I&D para dar respuesta de manera ágil las solicitudes de los clientes. Esto se realizó a través del manejo de base de datos utilizando el lenguaje de desarrollo como RMCOBOL con una versión avanzada para Windows y con las utilidades que permitan la conectividad con las siguientes base de Datos:

- Sistema Operativo Windows 2000
- Lenguaje de Desarrollo RMCOBOL versión 7.00 para Windows
- Base de Datos Microsoft Access
- Manejador de Archivos InstantSQL
- Administrador de Orígenes de Datos ODBC

Ignacio Revollo y Juan Diego Suarez<sup>4</sup> en su trabajo de grado plantean una propuesta para el mejoramiento de la producción en alimentos SAS S.A. a través

---

<sup>3</sup> SANCHEZ, Paola y ORTEGA Carlos Eduardo. Análisis, Diseño y Desarrollo de un Sistema de Planeación, para la Gestión del Servicio y la Producción de Software del Departamento de I&D de Sistemas de Información Empresarial S.A. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Santiago de Cali: Universidad de Autónoma de Occidente, 2003. 129 p.

<sup>4</sup> REVOLLO, Ignacio y SUAREZ, Juan Diego. Propuesta para el Mejoramiento de la Producción en Alimentos SAS S.A. a través de la Estructuración de un Modelo de Planeación, Programación y

de la estructuración de un modelo de planeación, programación y control de la producción, en esta empresa actualmente no existía ningún control para la producción de los productos, se producía de acuerdo a los precios de la materia prima, ya que estos varían de acuerdo a la estacionalidad de la cosecha de la fruta. Cuando hay una fruta en cosecha los precios son menores, por lo que aprovechan para comprar y producir inmediatamente, adicionalmente tienen los siguientes problemas:

- No hay método documentado para establecer la manera de realizar pedidos.
- No tienen modelos de pronósticos que permitan realizar la programación de la producción.
- No están establecidos los costos unitarios de producción y almacenamiento.

Desarrollar y proponer un sistema de planeación, programación y control de la producción para la empresa Alimentos SAS S.A. a través del seguimiento de las variables que inciden en los costos, en la calidad y en la atención oportuna de los clientes de manera que se refleje en una disminución de los costos de producción y almacenamiento. Para definir el modelo de pronóstico más acertado se analizó el comportamiento de las ventas a través del tiempo para cada uno de los productos, para de esta manera aplicar uno de los modelos de producción y aplicarlo a cada uno de los productos. Una vez obtenido el pronóstico se aplicaron métodos de supervisión y control, para saber cuál de los modelos se ajusta más a la situación real.

La forma para determinar cuánto producir u ordenar se va a poder establecer mediante un modelo de planeación de la cantidad económica de producción, (Economic Production Quantity). Donde se va a poder establecer la cantidad optima de producción necesaria para mantener un número en unidades de inventario ajustado a las necesidades que satisfagan el modelo de producción dentro de Alimentos SAS S.A.

Con la propuesta de MRP, Alimentos SAS tendrá una herramienta flexible, a los posibles cambios en proveedores, lead time, cantidad mínima de pedido exigida por los mismos, etc. Se realizó el plan de requerimiento de materiales para un horizonte de tiempo de 30 días, de todos los materiales necesarios para cada una de las referencias principales, determinando las necesidades brutas, basados en los pronósticos de demanda realizados, las recepciones programadas, el inventario disponible, el lanzamiento de pedidos planificados entre otras.

Con esta propuesta, se tiene una herramienta que permite a la compañía tener claros los periodos en los que se tienen que recibir los diferentes materiales y en qué momento se deben pedir estos, para hacer una programación de la producción efectiva.

De esta manera se planteó un diagrama de Gantt el cual le permitirá al jefe de producción planear, controlar y organizar la producción en Alimentos SAS de manera que se disminuyan los costos relacionados con el inventario, la producción y a la vez permitan cumplir con la demanda pronosticada y no afecten la calidad del producto final.

En el año 2004 María Alejandra Maya Londoño<sup>5</sup>, realizó un proyecto sobre el diseño y desarrollo de software para la planeación, control de la producción y control de los inventarios en Industrias Kent S.A para suplir los inconvenientes que se tenían en la entrega de los pedidos a los clientes, debido al desconocimiento sobre las cantidades exactas en el inventario de producto terminado, ocasionando la falta de determinados productos y el exceso de otros. Teniendo en cuenta lo anterior, el proyecto que plantean es diseñar un Software utilizando como herramienta de programación Visual Basic 6.0 y Microsoft Excel, el cual sirve para calcular los pronósticos de cada producto, determinar el punto de reorden, conocer las existencias de cada producto y elemento, conocer el estado de la producción, calcular los requerimientos de materiales y la emisión de las fechas, entre otros.

Para poder desarrollar la metodología de este proyecto, fue necesario dividir ésta en 5 temas básicos, los cuales son: pronósticos, administración de inventarios, planeación agregada, MPS – plan maestro de producción y MRP – planeación de requerimientos de materiales. Éstos, a su vez, se subdividen en cada uno de los productos fabricados en la empresa. Para cada uno de los temas se realizaron los cálculos pertinentes, por medio de los cuales se puede obtener la solución óptima a seguir; en algunos casos, se hacen propuestas, que ayudan a tener una mayor claridad al planear, controlar la producción y los inventarios en la empresa. Posteriormente, se hace una breve descripción de cómo es el manejo de la información dentro del software, según los datos y conclusiones obtenidas.

Con este proyecto se logró brindar un manejo óptimo de la planeación y control de la producción de Industrias Kent S.A., sin tener que adquirir programas de alto costo, adicionalmente se obtuvieron los siguientes beneficios:

---

<sup>5</sup> MAYA, María Alejandra. El diseño y desarrollo de software para la planeación. Trabajo de Grado Ingeniera de Producción. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Departamento Sistemas de Producción. 2004. 175 p.

- Mayor control sobre la producción, porque se determinarían por anticipado las cantidades a producir de cada producto y además se verificaría a diario que se esté cumpliendo con lo establecido.
- Mejoraría la satisfacción del servicio por parte del cliente, ya que le garantizaría un stock mínimo (de acuerdo a los pronósticos mensuales) de los productos de mayor rotación.

Hernández y Moyano<sup>6</sup>, mediante el diagnóstico de planeación, programación y control de la producción en una empresa de confecciones identificaron problemas como, los pronósticos de las ventas no tuvieron en cuenta el entorno interno de la empresa, desconocieron la competencia y las fluctuaciones del mercado, y por último el nivel de integración de las áreas era muy escaso. La solución implementada por este grupo de trabajo se enfatizó en el personal laboral y la maquinaria. Para la maquinaria se realizó un formato el cual incluyó el mantenimiento de la máquina, vida útil, su respectiva descripción y capacidad. La empresa obtuvo resultados como la disminución de paros, eliminación de desperdicios y aumento de la productividad. En conclusión, para una producción continua es necesario que las materias primas el personal laboral y la maquinaria sean conjuntos sinérgicos donde no haya desperdicios de tiempo y recursos.

Las referencias anteriormente mencionadas consignan trabajos de grado que permiten al lector una clara descripción de la planeación del proyecto que realizará durante el periodo determinado. Algunos métodos hacen referencia a diseño de Software, diagramas de Gantt y estructuración de un modelo de planeación, programación y control de la producción para diferentes productos.

### **4.3 MARCO TEÓRICO**

Teniendo en cuenta la temática y los objetivos planteados en este proyecto, a continuación se enumeran algunos conceptos teóricos que servirán como herramienta para comprender la metodología que se pretende implementar y que permitirá alcanzar los resultados esperados.

---

<sup>6</sup> MOYANO Andrés, HERNANDEZ John, Diagnostico de las prácticas de planeación, programación y control de la producción en la empresa de confecciones manufacturas picas LTDA. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero industrial. Santiago de Cali, Colombia: Universidad San Buenaventura. 2003.



**4.3.1 Sistemas de planeación y programación de operaciones.** La planeación y programación de operaciones se centra en el volumen y en el tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y el establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad a los distintos niveles para lograr competir adecuadamente. Los sistemas de administración para hacer todas estas cosas implica la existencia de diversos niveles jerárquicos de actividades, que se enlazan de arriba hacia abajo para apoyarse las unas a las otras.<sup>7</sup>

**4.3.1.1 Planeación agregada.** Para diseñar un plan agregado primero es necesario identificar una medida significativa de producción. Esto no representa ningún problema para organizaciones con un solo producto porque su producción se mide directamente por el número de unidades producidas. La mayoría de las organizaciones, sin embargo, tienen diversos productos y no es tan fácil de encontrar un denominador común para medir toda la producción.<sup>8</sup>

**Metas de la planeación agregada.** La planeación agregada debe satisfacer simultáneamente varias metas<sup>9</sup>:

- Debe proporcionar los niveles generales de producción, inventarios y pedidos pendientes que fueron establecidos en el plan de negocios, de manera semejante, el plan debe responder a las variaciones estacionales en las ventas o reducciones en los pedidos que se encuentre pendientes.
- La planeación agregada debe emplear las instalaciones en toda su capacidad, de manera que sea compatible con la estrategia de la organización. Una capacidad subutilizada puede significar un dispendio considerable de recursos. Por tanto, muchas empresas planean un nivel de producción cercano a la capacidad total para lograr buenas operaciones.
- Finalmente, el plan debe ser compatible con las metas de la empresa y con los sistemas que utilicen con sus empleados. Una empresa puede recalcar la importancia de la estabilidad en los empleados, en particular en donde las habilidades para los puestos críticos son escasas, y por tanto mostrarse renuente a la contratación o despido de los empleados. Otras empresas sin tales metas cambian a sus empleados libremente, de acuerdo con las

---

<sup>7</sup> EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 410.

<sup>8</sup> Ibid., p. 414.

<sup>9</sup> EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 415.

modificaciones en el nivel de producción a través del horizonte de planeación agregada.

**Estrategias para el desarrollo de planes agregados.** Se puede emplear diversos ajustes de la capacidad a corto plazo para hacer frente a las fluctuaciones mensuales de la demanda. Las empresas que hacen inventarios utilizan tres de esos tipos de ajustes: la dimensión de la fuerza de trabajo, la constitución de inventarios y la utilización de la fuerza de trabajo. Cualquiera de las tres estrategias se puede modificar para satisfacer las fluctuaciones de la demanda sin tomar en cuenta las otras dos. En general, es mejor emplear alguna de las posibles combinaciones de los tres tipos que sólo una.

*Estrategia 1: Modificar el número de empleados productivos en relación directa con los requerimientos mensuales de producción.*

A partir de datos anteriores la administración puede calcular la productividad promedio por empleado y por tanto determinar el número de empleados que se necesitan para satisfacer la producción de cada mes. Cuando la producción mensual requerida disminuye, los empleados pueden ser despedidos. A medida que la demanda mensual se incrementa, la fuerza de trabajo se puede aumentar en la misma proporción.

En esta estrategia son evidentes ciertas desventajas. Las fluctuaciones amplias en los niveles de empleo tienen como consecuencia costos muy elevados por concepto de contrataciones y despidos entre otros.<sup>10</sup>

*Estrategia 2: Mantener un tamaño constante de la fuerza de trabajo pero variar la proporción de la utilización de la fuerza de trabajo.*

Utilizar esta estrategia ocasiona que en temporada baja la fuerza de trabajo sería programada para producir sólo la cantidad que resulte del pronóstico, teniendo, en consecuencia, horas no utilizadas u ociosas, en cambio en temporada alta la compañía tendrá que generar horas extras para satisfacer la demanda.

---

<sup>10</sup> EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 419.

Una gran ventaja de esta estrategia es el evitar los costos de contratación y despido, pero en vez de ello se incurre en otro tipo de costos. El tiempo extra, puede resultar muy costoso, normalmente un 50% más elevado que los salarios regulares en horarios normales., además de límites jurídicos y de comportamiento respecto a la cantidad de tiempo extra que se puede laborar.<sup>11</sup>

*Estrategia 3: Permitir que el nivel de inventarios fluctúen como respuesta a las variaciones de la demanda.*

Los inventarios de producto terminado en las empresas en donde se sigue este sistema pueden ser utilizados como colchón en respuesta a las fluctuaciones de la demanda. Un número fijo de empleados, seleccionados de manera que no se incurra o se incurra muy poco en tiempo extra o en tiempo ocioso, puede mantenerse a lo largo de todo el horizonte de planeación.

Las ventajas comparativas de la estrategia 3 son evidentes: niveles de empleo estables, se elimina el tiempo de ocio y tampoco se utiliza el tiempo extra, que siempre es muy costoso.<sup>12</sup>

En general, ninguna de las estrategias puras anteriores es en sí la mejor; se recomienda utilizar una combinación de dos o de las tres para evaluar el plan menos costoso.

**4.3.1.2 Plan maestro de producción (MPS).** La planeación de la producción transforma los pronósticos de la demanda en un plan maestro de la producción, el cual toma en cuenta la disponibilidad global de la capacidad y materiales. Cuando la demanda varía, los niveles de producción deseados no son obvios. Debe determinarse un plan de producción (cuántos y cuando fabricar cada producto). La meta es hacer coincidir la tasa de producción y la tasa de demanda, para fabricar los productos cuando se necesitan. Debido a que la incertidumbre crece con la lejanía, el horizonte dinámico permite cambios en períodos posteriores conforme se construyen los nuevos planes.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 420.

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p. 421.

<sup>13</sup> SILVA, Alejandro. Planificación de la producción [diapositivas] Gestión de operaciones II. Universidad Autónoma de Occidente. 2011. 19 diapositivas.

- Un plan a largo plazo puede cubrir un período de 3 a 10 años.
- Un plan a mediano plazo cubre un horizonte de 6 meses a dos años, con actualizaciones mensuales o trimestrales.
- Un plan a corto plazo puede cubrir de una semana a seis meses con actualizaciones diarias o semanales.

Más abajo aún del proceso de desglose se encuentra el programa de MRP, que calcula y programa todas las materias primas, las partes y los suministros necesarios para fabricar el artículo especificado por el MPS.

**Guías de tiempo.** La cuestión de la flexibilidad de un programa de producción maestro depende de varios factores: plazo de producción, compromiso de partes y componentes para un artículo final específico, relación entre el cliente y el vendedor, cantidad de capacidad excesiva y renuencia o disposición de la gerencia para hacer cambios.

El propósito de la guías de tiempo es mantener el flujo, razonablemente controlado, a través del sistema de producción.<sup>14</sup>

**4.3.1.3 Programación.** La programación futura se refiere a la situación en la cual el sistema toma un pedido y luego se programa cada operación que debe completarse más adelante en el tiempo. Un sistema que programe hacia el futuro puede indicar la fecha más temprana en que un pedido pueda completarse. De manera inversa, la programación regresiva se inicia en alguna fecha futura (posiblemente una fecha de vencimiento) y programa las operaciones requeridas en una secuencia inversa. El programa regresivo indica cuándo debe iniciarse un pedido para que éste se efectúe en una fecha específica.<sup>15</sup>

**Programación típica y funciones de control.** En la programación y el control de una operación se debe ejecutar las siguientes funciones:

- Asignar pedidos, equipo y personal a los centros de trabajo o a otros lugares específicos. Esencialmente, esta es un planeación de la capacidad a corto plazo.

<sup>14</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 630.

<sup>15</sup> *Ibíd.*, p. 681.

- Determinar la secuencia de la ejecución de pedidos (esto es, establecer las prioridades de las tareas).
- Iniciar la ejecución del trabajo programado. Esto se denomina comúnmente despacho de pedidos.
- Control del área (o control de la actividad de producción) que implica:
  - Revisar el status y controlar el progreso de los pedidos a medida que se trabaje en ellos.
  - Agilizar los pedidos tardíos y críticos.<sup>16</sup>

**Secuenciamiento de las tareas.** El proceso de determinar qué tarea se inicia primero en alguna máquina o centro de trabajo se conoce como secuenciamiento o secuenciamiento de prioridades. Las normas prioritarias son aquellas utilizadas en la obtención de una secuencia de tareas. Pueden ser muy sencillas y requiere sólo que las tareas sean secuencias de acuerdo con una pieza de datos, como el tiempo de procesamiento, la fecha de vencimiento o el orden de llegada. Otras normas, aunque igualmente sencillas, pueden requerir varias piezas de información para derivar, de manera típica, un número de índice, tal como la norma del desgaste mínimo y la norma de coeficiente crítico entre otros.

Para evaluar las normas prioritarias se utilizan las siguientes medidas estándar de la ejecución del programa:

- Ajustarse a las fechas de vencimiento de los clientes o de las operaciones mediatas.
- Minimizar el tiempo del flujo (el tiempo que requiere una tarea en el proceso).
- Minimizar el inventario del trabajo en proceso.
- Minimizar el tiempo de inactividad de las máquinas o los trabajadores.<sup>17</sup>

**Programación Jerárquica.** La planificación y control de la producción es reconocida como un problema complejo dentro de las organizaciones. El enfoque jerárquico para la planificación y control de la producción es una aproximación a este problema, que se caracteriza por su capacidad de disminuir la complejidad y lograr buenas soluciones con economías de tiempo y requerimientos computacionales.

---

<sup>16</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 682.

<sup>17</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 683.

Una propuesta jerárquica para resolver el problema de programación de la producción en una configuración productiva del tipo job shop, incluyendo interrupciones y tiempos de alistamiento dependientes de la secuencia.<sup>18</sup>

En el problema específico del job shop se tiene que hay un conjunto de trabajos y otro de máquinas. Cada trabajo consiste en una secuencia de operaciones, las cuales se realizan en una de las máquinas durante un tiempo definido (tiempo de procesamiento). Cada máquina lleva a cabo solamente una operación a la vez. Un programa entonces, consiste en definir los tiempos de inicio y fin de las actividades con sus respectivos recursos, de manera que el problema es encontrar el programa que satisfaga el criterio establecido, el cual generalmente está asociado con la terminación de las operaciones de todos los trabajos en el menor tiempo posible. Los criterios más comunes mediante los cuales se valoran los objetivos de utilizar de la mejor manera posible los recursos y prestarle el mejor servicio al cliente en la programación de un job shop incluyen minimizar los valores máximo y medio del tiempo de flujo, del tiempo de finalización (makespan), del retraso (lateness), y de la tardanza (tardiness) y minimizar el número de trabajos retrasados (Domínguez Machuca y otros, 1995). Si estos no se consideran con igual importancia, puede encontrarse un valor ponderado aplicando un factor de ponderación propio para cada uno (Jain y Meeran, 1998).

La dimensionalidad del problema del job shop viene dada por  $n \times m$ , siendo  $n$  el número de trabajos y  $m$  el número de máquinas, de tal manera que se tienen al menos  $(n!)^m$  posibles soluciones, generándose una explosión combinatoria al crecer  $n$  y  $m$ . El crecimiento exponencial del número de posibles soluciones hace que este problema sea reconocido como NP – hard (Sipper y Bulfin, 1998). La completa enumeración de todas estas posibilidades para identificar el programa óptimo no es práctico y supremamente demandante de recursos de computación.

**Terminología empleada en planificación.** Una operación es una tarea elemental que se realiza en una máquina. El conjunto de operaciones se denomina trabajo y están relacionadas entre sí por medio de precedencias debidas a restricciones tecnológicas que definen la ruta.

- El tiempo de procesamiento ( $p_i$ ) es la duración de la operación. Incluye el tiempo de cambio ( $t_c$ ) que, en la mayoría de los casos, es independiente de la secuencia (salvo en el caso de empresas de envasado y fabricación, por ejemplo, de pinturas o helados).

---

<sup>18</sup> OSORIO, Juan Carlos G., CASTRILLÓN, Oscar Eduardo M., TORO, Juliana Andrea C., y OREJUELA, Juan Pablo C., Revista ingeniería e investigación vol. 28 No. 2. AGOSTO, 2008.p. (72-79)

- El tiempo de espera ( $w_i$ ) es el tiempo que el trabajo está en cola esperando a ser procesado en una máquina.
- La fecha de llegada ( $a_i$ ) es el instante en el que el trabajo llega al taller y a partir del cual puede ya procesarse. Es decir, no es el momento en el que el cliente hace el pedido, sino el momento en que el pedido llega a planificación.
- La fecha de finalización ( $c_i$ ) corresponde al instante en el que se termina la última operación de un trabajo.
- La fecha de entrega ( $d_i$ ) es el instante en el que hay que entregar el trabajo. Generalmente viene fijada por el cliente.

**Trabajo en una sola máquina.** En un taller de este tipo los trabajos constan de una única operación que se realiza en una única máquina. En este caso es posible obtener una secuencia óptima de los trabajos que minimice una característica elegida por el planificador, como se verá más adelante. Si bien en la mayoría de las empresas no se da este caso de forma exclusiva, en muchas de ellas la planificación puede hacerse agrupando máquinas en centros de trabajo que sí cumplen esta definición.

Para comparar distintas programaciones se calculará el valor del flujo medio de tiempo, la tardanza máxima (la que corresponde al trabajo más retrasado) y el número de trabajos retrasados. La mejor programación será aquella que suponga un menor coste total y, por tanto, es necesario tener cuantificada la penalización por retraso y el coste de posesión en almacén.

**Minimizar el flujo medio de tiempo.** Se deben ordenar los trabajos según la regla de despacho SPT (tiempo de procesamiento menor), es decir:  $[p_1 < p_2 < p_3 < \dots < p_n]$ . Intuitivamente se comprueba que, al asignar de esta forma los trabajos, el tiempo que cada uno de ellos está en el taller (al depender de los trabajos que se procesan antes que él) se reduce si se procesan primero los que tienen menor tiempo de procesamiento.

En ocasiones es posible detener la fabricación de un artículo, procesar un nuevo trabajo y después continuar con el trabajo anterior. En el caso en que sí se permita detener los trabajos que se están procesando la regla de despacho SRPT (tiempo de procesamiento remanente menor) minimiza el flujo medio de tiempo.

Esta regla supone que, al llegar un nuevo trabajo, se compara el tiempo de procesamiento que resta al trabajo que está en la máquina y el tiempo de procesamiento del trabajo que llega. Se planificará el trabajo de menor tiempo remanente. En este caso la duración de los tiempos de cambio es crucial, ya que la máquina debe prepararse para el nuevo trabajo y volverse a preparar para el producto anterior, preparación que ya se hizo en su momento y que debe repetirse.

**Mapa de Flujo de Valor (VSM).** Es una herramienta de papel y lápiz que ayuda a ver y entender el flujo de materiales y de información a medida que se elabora el producto/servicio en la cadena de valor.<sup>19</sup>

- Le ayuda a ver el todo, no sólo procesos de un solo nivel como el ensamble
- Le ayuda a ver no sólo el desperdicio sino las causas de él
- Le aporta un lenguaje común Lean
- Pone de relieve decisiones acerca del flujo de Materiales e información
- Le facilita ver cómo debería ser el Estado Futuro de su cadena de Valor
- Muestra la relación entre los Flujos de Información y Flujos de Materiales

Pasos para realizar un mapa de flujo de valor:

- Siga el camino del Proceso de un producto desde el Cliente hasta el Proveedor.
- Dibuje con detalle una representación visual de cada uno de las etapas del proceso en el flujo de material e información.
- Aplique un Ckeck List.
- Dibuje una representación del Estado Deseado – Futuro acerca de cómo debería fluir el Valor.

---

<sup>19</sup> LAVERDE, Juan Carlos. Lean manufacturing, Mapa del flujo de valor [diapositivas], Centro Nacional de Productividad. 2010. 90 diapositivas.



**4.3.2 Pronóstico.** En los ámbitos empresarial, económico y político, la predicción y el pronóstico tienen diversos significados. En la administración de operaciones adoptaremos una definición más bien específica del pronóstico y lo distinguimos del concepto más amplio de predicción:<sup>20</sup>

- **El pronóstico** es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectado hacia el futuro con datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.
- **La predicción** es un proceso de estimación de un suceso futuro basándose en consideraciones subjetivas diferentes a los simples datos provenientes del pasado; estas consideraciones subjetivas no necesariamente deben considerarse de una manera predeterminada.

Las proyecciones o pronósticos son vitales para toda organización empresarial y para toda decisión gerencial importante. La proyección constituye la base de la planeación corporativa a largo plazo:<sup>21</sup>

- En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, las proyecciones proporcionan la base de la planeación presupuestaria y del control de costos.
- El mercadeo se base en la proyección de las ventas para planear los nuevos productos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave.
- El personal de producción, y operaciones utiliza las proyecciones para tomar otras decisiones periódicas que involucran la selección de los procesos, la planeación de la capacidad y la disposición de las instalaciones, al igual que las continuas decisiones acerca de la planeación de la producción, su programación y el inventario.

**4.3.2.1 Administración de la demanda.** El propósito de la administración de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda de manera tal que el sistema productivo pueda utilizarse en forma eficiente y que el producto se despache a tiempo.<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> R.G. Brown, Smoothing Forecasting and Prediction of Direct time Series (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1963), p.2. Citado por: EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 84.

<sup>21</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 496.

<sup>22</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 497.

Existen dos fuentes de básicas de demanda:

- ***Demanda dependiente:*** es la demanda de un producto o servicio causada por la demanda de otros productos o servicios, este tipo de demanda interna no necesita una proyección sino simplemente una tabulación.
- ***Demanda independiente:*** no se deriva directamente de la demanda de otro producto sino del mercado.

**4.3.2.2 Componentes de la Demanda.** En la mayoría de los casos, la demanda de productos y servicios puede dividirse en seis componentes: demanda promedio para el periodo, tendencia, elemento estacional, elementos cíclicos, variación aleatoria y auto correlación.<sup>23</sup>

- Los factores cíclicos son más difíciles de determinar porque el lapso de tiempo puede desconocerse o porque la causa del ciclo puede no considerarse. La influencia cíclica sobre la demanda puede provenir de eventos tales como las elecciones políticas, la guerra, las condiciones económicas o las presiones sociológicas.
- Las variaciones aleatorias se producen por hechos del azar. Estadísticamente, cuando todas las causas conocidas de la demanda (promedio, tendencia, estacionalidad, ciclo y auto correlación) se sustraen de la demanda total lo que queda es la porción inexplicada de la misma. Si no se puede identificar la caída de este remanente, se supone que es puramente cuestión del azar.
- La autocorrelación denota la persistencia del evento. Más específicamente, el valor esperado en cualquier punto está muy correlacionado con sus propios valores anteriores. En la teoría de la línea de espera, la longitud de dicha línea está altamente autocorrelacionada. Esto es, si una línea es relativamente larga en un tiempo dado, poco tiempo después se espera que siga siendo larga.
- Cuando la demanda es aleatoria, puede variar mucho de una semana a otra. Cuando existe una alta auto correlación, no se espera que la demanda cambie mucho de una semana a la siguiente.
- Las líneas de tendencia son el punto de partida usual en el desarrollo de una proyección. Estas líneas se ajustan luego, de acuerdo con los efectos

---

<sup>23</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 498.

estacionales, el ciclo y cualesquier otro evento esperado que puedan influenciar la proyección final.

**4.3.2.3 Tipos de Proyección.** La proyección se puede clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativa, de análisis de las series de tiempo, de relaciones causales y de simulación.<sup>24</sup>

- Las técnicas **cualitativas** son subjetivas o de juicio y están basadas en cálculos y opiniones.
- El **análisis de las series de tiempo**, el principal enfoque de este capítulo, se basa en la idea de que los datos relacionados con la demanda anterior se pueden utilizar para predecir la demanda futura. Los datos anteriores pueden incluir varios componentes, tales como tendencia, estacionalidad o influencias cíclicas.
- La **proyección causal**, que se analiza utilizando la técnica de regresión lineal, supone que la demanda está relacionada con algún factor o factores subyacentes del medio.
- Los **modelos de simulación** permiten que quien hace la proyección examine una serie de supuestos sobre la condición de la proyección.

Con base a los diferentes tipos de proyección anteriormente enunciados y analizando su enfoque, el tipo de proyección que mejor se ajusta al tipo de producto de la compañía es el **análisis de las series de tiempos**, puesto que los productos presentan un comportamiento en un periodo de tiempo y con base a los métodos existente se determinará el que mejor se ajuste.

**Análisis de las series de tiempo.** Los modelos de proyección de las series de tiempos tratan de predecir el futuro con base en los datos pasados. La proyección del promedio de movimiento simple tendría las mismas características del ajuste exponencial simple.

El promedio de movimiento ponderado puede ser más engañoso si quien hace la proyección incluye la estacionalidad u otras influencias cíclicas. Sus características se encontrarían en algún lugar entre el ajuste exponencial de Holt y el de Winter.

---

<sup>24</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 498.

Aunque en términos tales como corto, mediano y largo plazo son relativos según el contexto en el cual se utilizan, en la proyección empresarial corto plazo se refiere usualmente a menos de tres meses, mediano plazo de tres meses a dos años, y largo plazo a más de dos años. Por lo general, los modelos a corto plazo se compensan con la variación aleatoria y se ajustan para los cambios a corto plazo (tales como las respuestas a los consumidores a un nuevo producto). Las proyecciones a mediano plazo son útiles para los efectos estacionales y los modelos a largo plazo detectan las tendencias generales y son también muy útiles en la identificación de los principales puntos críticos. La selección de un modelo de proyección por parte de una firma dependen de:

- ✓ El horizonte de tiempo para realizar la proyección.
- ✓ La disponibilidad de los datos.
- ✓ La exactitud requerida.
- ✓ El tamaño del presupuesto de proyección.
- ✓ La disponibilidad de personal calificado.

Al seleccionar un modelo de proyección, se debe tener en cuenta otros temas tales como el grado de flexibilidad de la firma (cuanto más grande sea la capacidad para reaccionar con rapidez, menor será la necesidad de que la proyección sea exacta).

Si la decisión sobre una gran inversión de capital va a basarse en una proyección, esta debe ser excelente.<sup>25</sup>

**Promedio de movimiento simple (PMS).** Cuando la demanda de un producto no está aumentando ni disminuyendo con rapidez, y si no tiene características estacionales, un promedio del movimiento puede ser útil para suprimir las fluctuaciones aleatorias de la proyección. Aunque a menudo los promedios del movimiento están centralizados, es más conveniente utilizar los datos anteriores para predecir el periodo siguiente directamente.<sup>26</sup>

$$\text{PMS} = \frac{\text{Suma de demandas de todos los periodos anteriores}}{\text{Numero de periodos de demanda}}$$

---

<sup>25</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 503.

<sup>26</sup> *Ibíd.*, p. 504

Aunque es importante seleccionar el mejor periodo para el promedio de movimiento, existen varios efectos contradictorios de las diferentes extensiones de los periodos: entre más largo sea el periodo del promedio de movimiento, mayores serán los elementos aleatorios que se ajustan (lo cual puede ser aconsejable en muchos casos). Pero si existe una tendencia en los datos –ya sea creciente o decreciente- el promedio de movimiento tiene las características adversas de retrasar la tendencia. En consecuencia, aunque un lapso más corto produce una mayor oscilación, existe un seguimiento más cercano de la tendencia. De manera inversa, un lapso más largo proporciona una respuesta más ajustada pero retrasa la tendencia.

**Promedio de movimiento ponderado (PMP).** Mientras que el promedio simple le da igual ponderación a cada componente de la base de datos del promedio de movimiento, un promedio de movimiento ponderado permite que todas las ponderaciones de le apliquen a cada elemento, siempre y cuando, obviamente, la suma de todas ellas se igual a 1.<sup>27</sup>

PMP = Demanda de cada periodo por un peso determinado, sumado a lo largo de todos los periodos de la Media Móvil.

La experiencia, la prueba y el error, son las formas más sencillas de escoger las ponderaciones. Como norma general, el pasado más reciente es el indicador más importante de lo que se espera en el futuro y, en consecuencia, debe tener una mayor ponderación.

**Ajuste exponencial.** En los anteriores métodos de proyección (PMS y PMP), el principal inconveniente es la necesidad de manejar continuamente una gran cantidad de datos históricos. En esos métodos, en la medida en que se agrega una nueva porción de datos, la observación anterior disminuye y se calcula la nueva proyección. En muchas aplicaciones (quizás en la mayoría), las ocurrencias más recientes son más indicativas del futuro que las que se encuentran en un pasado más distante. Si esta premisa es válida –que la importancia de los datos disminuye en la medida en que el pasado se hace más distante- el ajuste o suavizamiento exponencial puede ser el método más lógico y fácil de utilizar.<sup>28</sup> La razón por la cual este método se llama ajuste exponencial es que cada incremento del pasado disminuye en  $(1-\alpha)$ .

---

<sup>27</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 503.

<sup>28</sup> *Ibíd.*, p. 507.

El ajuste exponencial es la más utilizada de todas las técnicas de proyección. Es parte integral de todos los programas de proyección computarizados y se usa ampliamente en los pedidos de inventario en las firmas minoristas, las compañías mayoristas y las agencias de servicios.

Las técnicas del ajuste exponencial son muy aceptadas por seis razones principales:

- ✓ Los modelos exponenciales son sorprendentemente exactos.
- ✓ La formulación de un modelo exponencial es relativamente fácil.
- ✓ El usuario puede entender cómo funciona el modelo.
- ✓ Se requiere pocos cálculos para utilizar el modelo.
- ✓ Los requerimientos de almacenamiento en el computador son pocos debido al uso limitado de datos históricos.
- ✓ Las pruebas de exactitud en cuanto al desempeño del modelo son fáciles de calcular.

En el método de ajuste exponencial, sólo se necesitan tres piezas de datos para proyectar el futuro: la proyección más reciente, la demanda real registrada durante ese periodo de proyección y una constante de ajuste alfa ( $\alpha$ ). Esta constante de ajuste determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción a las diferencias entre las proyecciones y las ocurrencias reales. El valor de la constante está determinado tanto por la naturaleza del producto como por el sentido del gerente de los que constituye una buena tasa de respuesta.<sup>29</sup>

La ecuación para una sola proyección de ajuste o suavizamiento exponencial es simplemente:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Dónde:

$F_t$  = la proyección de ajuste exponencial para el periodo t.

$F_{t-1}$  = la proyección de ajuste exponencial para el periodo anterior.

$A_{t-1}$  = la demanda real durante el periodo anterior.

$\alpha$  = la tasa de respuesta deseada o la constante de ajuste.

La ecuación indica que la nueva proyección es igual a la anterior más una porción de error (la diferencia entre la proyección anterior y lo que realmente ocurrió, también llamado el promedio ajustado).

---

<sup>29</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 508.

**Efectos de tendencia en el ajuste exponencial.** Una tendencia ascendente o descendente en los datos recopilados durante una secuencia de periodos de tiempo hace que la proyección exponencial se quede siempre detrás (ya sea que se encuentre encima o debajo) de la ocurrencia real. Las proyecciones de ajuste exponencial pueden corregirse en cierto grado mediante la adición de un ajuste de tendencia. Para corregir la tendencia se necesitan dos constantes de ajuste. Además de la constante de ajuste  $\alpha$ , la ecuación de la tendencia utiliza también una constante de ajuste delta ( $\delta$ ).

Delta reduce el impacto del error que se presenta entre la realidad y la proyección. Si no se incluye alfa y delta, la tendencia reaccionaría excesivamente a los errores. Para lograr que la ecuación de la tendencia funcione la primera vez que se utilice, el valor de la misma debe registrarse manualmente. Este valor de tendencia inicial puede ser una estimación razonada o un cálculo basado en los datos anteriormente observados.<sup>30</sup>

**Selección de la constante alfa.** Claramente los resultados de los pronósticos de suavización exponencial dependen del valor de la constante de suavización  $\alpha$ . El valor de alfa no debe ser ni muy grande que el pronóstico responda aceleradamente a cambios aleatorios normales del proceso, ni muy pequeño, con el efecto contrario de no responder a posibles cambios reales. Una forma eficiente de determinar el valor adecuado de alfa es a través de la simulación del pronóstico.<sup>31</sup>

- Demanda estable  $= 0.1 < \alpha < 0.3$
- Demanda medio estable  $= 0.4 < \alpha < 0.6$
- Demanda inestable  $= 0.7 < \alpha < 0.9$

**Suavizado exponencial adaptivo.** Si quien realiza el modelo o el administrador no están seguros de la estabilidad o de la forma del modelo subyacente de la demanda, el suavizado exponencial adaptivo proporciona una buena alternativa del pronóstico. En el suavizado exponencial adaptivo, el coeficiente de suavización,  $\alpha$ , no siempre es el mismo; inicialmente se determina y luego se permite variaciones de él en el tiempo, de acuerdo con los cambios del modelo subyacente de la demanda.<sup>32</sup>

---

<sup>30</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 509.

<sup>31</sup> BASTIDAS, Edwin., Modelos de pronósticos [diapositiva]. Gestión de operaciones, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 189 diapositivas.

<sup>32</sup> EVERETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 106.

**Incorporación de los componentes de tendencias y los estacionales.** Los modelos de suavizado exponencial así como los modelos basados en medias móviles, pueden ser modificados para que se puedan incorporar componentes de tendencia y estacionales. Anteriormente se ha estado pronosticado toda la serie de tiempo como si sólo tuviera un componente constante. Si existe una tendencia se puede pronosticar exponencialmente el componente de esa tendencia, si es que existe. Luego se realizaría un pronóstico compuesto superponiendo la tendencia constante y la estacionalidad.<sup>33</sup>

**Doble suavizado exponencial.** Este método tiende a suavizar el ruido en series de demanda estables. Se sabe que un gran laboratorio farmacéutico emplea este modelo para pronosticar la demanda para los miles de medicamentos que elabora. El modelo es directo; suaviza el pronóstico obtenido con un modelo de suavizado exponencial de primer orden y el pronóstico obtenido mediante in modelo de suavizado exponencial doble.<sup>34</sup>

**Error en el pronóstico.** Posteriormente, cuando se haga la evaluación de diferentes métodos de pronóstico, necesitaremos una medida para conocer la efectividad. El error en el pronóstico es el mecanismo en el seguimiento más comúnmente utilizado. El error en el pronóstico es la diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la real. Evidentemente, un método cuyo resultado contiene más grandes errores de predicción es menos deseable que el que implica menos errores.<sup>35</sup>

**Medición del error.** Varios de los términos comunes empleados para describir el grado de error son: error estándar, error medio cuadrático o varianza y la desviación media absoluta. Además, las señales de rastreo pueden utilizarse para indicar cualquier riesgo positivo o negativo en la proyección.<sup>36</sup>

**Desviación media absoluta (MAD).** Es un error promedio en los pronósticos y usa valores absolutos. Como es una Desviación Estándar mide la dispersión de un valor observado con respecto a uno esperado. Esto solo expresa dimensión mas no dirección.<sup>37</sup>

---

<sup>33</sup>Ibid., p. 106.

<sup>34</sup> EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 106.

<sup>35</sup> Ibid., p. 90

<sup>36</sup> CHASE, Richard B. and AQUILANO, Nicolás J. and JACOBS, F. Robert., Administración de Producción y Operaciones. Bogotá, 2000. p. 511.

<sup>37</sup> BASTIDAS, Edwin., Modelos de pronósticos [diapositiva]. Gestión de operaciones, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 189 diapositivas.



$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |A_t - f_t|}{n}$$

Dónde:

t = número de periodos

A = demanda real durante el periodo

F = demanda proyectada para el periodo

n = número total de periodos

| | = símbolo utilizado para indicar el valor absoluto independientemente de los signos positivos y negativos

**Sesgo.** Es la suma algebraica promedio para todos los periodos. Indica la tendencia direccional de los errores de predicción.<sup>38</sup>

Sesgo =  $\frac{\text{suma de errores algebraicas para todos los periodos}}{\text{número total de periodos evaluados}}$

$$\text{Sesgo} = \sum \frac{(\text{demanda real} - \text{demanda pronosticada})}{n}$$

**Señal de rastreo.** Es una medición que indica el promedio de la proyección está manteniendo el ritmo de los cambios reales en la demanda, ya sea hacia arriba o hacia abajo. La señal de rastreo es el número de desviaciones absolutas en que el valor de la proyección se encuentra por encima o por debajo de la ocurrencia real.<sup>39</sup>

Señal de rastreo =  $\frac{\text{Suma de desviaciones de pronostico}}{DMA}$

**Análisis de la regresión lineal.** Es una técnica de pronósticos que establece una relación entre variables. Una variable se conoce y se usa para pronosticar el valor de una variable aleatoria desconocida. De los datos anteriores se establece una relación funcional entre las variables. Se considera en este momento la situación de regresión más sencilla sólo para dos variables y para una relación funcional lineal entre ellas.

La representación de la relación entre las dos variables es una **línea recta**.<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> Ibíd., 189 diapositivas.

<sup>39</sup> BASTIDAS, Edwin., Modelos de pronósticos [diapositiva]. Gestión de operaciones, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 189 diapositivas.

<sup>40</sup> Ibíd., 189 diapositivas.

**Figura 1. Cálculo de la regresión lineal**

<b>Regresión Lineal</b>	$Y = a + bX$	$b = \frac{n(\sum X_t D_t) - (\sum X_t)(\sum D_t)}{n(\sum X_t^2) - (\sum X_t)^2}$
<b>Donde:</b>	Y: Variable Independiente a: Intersección con el eje "y". b: pendiente de la Recta. X: Variable dependiente D <sub>t</sub> : Demanda Histórica	$a = \frac{\sum D_t - b(\sum X_t)}{n}$
<b>Regresión Lineal por mínimos cuadrados</b>	$Y = a + bX$	$b = \frac{(\sum X_t D_t) - n\bar{X}_t \bar{D}_t}{(\sum X_t^2) - n\bar{X}_t^2}$
<b>Donde:</b>	Y: Promedio de la Demanda histórica X: Promedio de las x.	$a = \bar{D}_t - b\bar{X}_t$

**Fuente:** Diapositiva Modelos de Pronósticos – Gestión de Operaciones – Universidad Autónoma de Occidente

**Coeficiente de correlación.** Establece que tan fuerte es la relación entre las variables. El coeficiente de correlación se denota por tomar valores entre -1 (correlación negativa) y +1 (correlación positiva).<sup>41</sup>

**4.3.3 Administración de inventarios.** La administración de un inventario es un punto determinante en el manejo estratégico de toda organización, tanto de prestación de servicios como de producción de bienes.

Las tareas correspondientes a la administración de un inventario se relacionan con la determinación de los métodos de registro, la determinación de los puntos de rotación, las formas de clasificación y el modelo de re inventario determinado por los métodos de control (el cual determina las cantidades a ordenar o producir, según sea el caso).<sup>42</sup>

**4.3.3.1 El modelo básico del lote económico de pedido (EOQ).** Los modelos de cantidad fija de pedido tratan de determinar el punto específico R (re orden) en el cual se colocará un pedido y el tamaño del mismo, Q. El punto del pedido, R, es

<sup>41</sup> BASTIDAS, Edwin., Modelos de pronósticos [diapositiva]. Gestión de operaciones, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 189 diapositivas.

<sup>42</sup> Investigación de operaciones. Administración de inventarios. [en línea]. <<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/>> [citado el 23 de septiembre de 2014]

siempre un número específico de unidades. Un pedido de tamaño  $Q$  se coloca cuando el inventario disponible (actualmente en almacenamiento y sobre pedido) alcanza el punto  $R$ . Este modelo supone que todos los datos se conocen con certeza (Demanda, costo de mantenimiento, preparación, etc.). La cantidad óptima de pedido está basado en los siguientes argumentos:<sup>43</sup>

- La tasa de demanda es constante, recurrente y conocida. La misma demanda continua e indefinida en el tiempo.
- El tiempo de entrega (tiempo transcurrido entre el pedido hasta el recibo) es constante y se conoce.
- No se permiten inexistencias. Dado que la demanda y el tiempo de entrega se conocen, se puede determinar con exactitud el momento de hacer una compra de material para evitar las inexistencias.
- El material se adquiere o produce en grupos o lotes y el lote se coloca en el inventario todo a la vez.
- Se utiliza una estructura de costo específica de la siguiente manera: el costo unitario del artículo es constante y no existen rebajas por compras grandes. El costo de mantenimiento depende linealmente del nivel promedio del inventario. Existe un costo fijo de orden o colocación para cada lote que es independiente del número de artículos en el mismo.
- Todos los parámetros de costo son estacionarios o sea que no varían significativamente con el tiempo (se consideran bajas tasas de inflación).
- El costo de pedido o de preparación es constante.
- Todas las demandas del producto serán satisfechas.
- El artículo es un producto singular, no existe interacción con otros productos.
- El precio por unidad el producto es constante.
- Los faltantes se pueden evitar en forma completa, si se colocan las órdenes en el momento adecuado.
- No se consideran descuentos en los precios de compra y/o transporte.
- La cantidad de pedidos no necesita ser un número entero o un múltiplo de algún número entero.

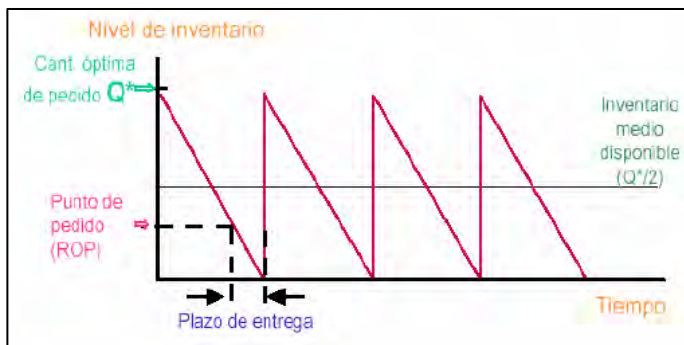
---

<sup>43</sup> BASTIDAS, Edwin., Modelos de inventarios [diapositiva]. Gestión de operaciones, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 64 diapositivas.

- No se consideran órdenes pendientes.

Este modelo de cantidad fija de pedido es impulsado por un evento, es decir, cuando se alcanza el nivel específico para un nuevo pedido, el cual depende de la demanda del artículo. Por lo tanto se considera un sistema perpetuo, el cual requiere que se le haga una adición o retiro al inventario. El comportamiento descrito en los anteriores puntos se puede representar gráficamente de la siguiente manera.

**Figura 2. Proceso de reposición**



**Fuente:** Diapositiva Modelos de inventarios – Gestión de Operaciones

Al seleccionar el tamaño del lote, existe un punto de sesgo entre la frecuencia de compra y el nivel del inventario. Los lotes pequeños producen compras frecuentes pero un nivel promedio bajo de inventario. Si se adquieren lotes más grandes, la frecuencia de compra disminuirá pero se llevará más inventario. Esta compensación entre frecuencia de compra y el nivel de inventario se puede representar por la siguiente ecuación matemática:

$$TC = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

Dónde:

TC = Costo Total Anual. También denominado **Costo Total Relevante (TRC)**

D = Tasa de Demanda, unidades al año.

S = Costo de realizar un pedido, o costo de colocación o preparación, pesos por orden.

C = Costo unitario, pesos por unidad.

R = Punto de nuevo orden de Pedido

L = Plazo de reposición.

H = Costo anual de mantenimiento y de almacenamiento por unidad del inventario promedio. Con frecuencia el costo de mantenimiento se toma como un porcentaje del costo del artículo, como  $H = i \times C$  siendo i "Costo de mantenimiento porcentual".

Q = Tamaño del Lote, unidades.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}}$$

**Modelo de cantidad fija de pedido durante el tiempo de producción.** Una de las modificaciones que se ha presentado actualmente con relación a la ecuación del Costo Anual se relaciona con los cambios en las negociaciones establecidas con los proveedores y su forma de suministrar el producto o cuando se produce un material en una etapa de la producción, se almacena y después se envía a la siguiente etapa. Esto implica que la producción se genera y fluye al inventario a una tasa (p) superior a la tasa de uso o demanda (d) a la que está saliendo el material del inventario. En virtud a esto se realizan entregas parciales semanales o más frecuentes. Esto implica que se puede realizar una modificación de la ecuación del Costo Anual teniendo en cuenta dos factores:

- ☐ d tasa de demanda constante de un artículo que vaya a producirse
- ☐ p tasa de producción del proceso que utiliza el artículo

Este modelo considera varios supuestos:

- Es posible estimar la demanda anual, el costo de almacenar y el costo de pedir un material.
- No se utiliza existencias de seguridad, los materiales se suministran a una tasa uniforme (p) y se utilizan a una tasa uniforme (d) y cuando el siguiente pedido llega los materiales se utilizaron totalmente.
- No son importantes los costos de faltantes de inventarios ni de los clientes.
- No existen descuentos por cantidad
- La tasa de suministro (p) es superior a la tasa de uso (d).

La ecuación es:

$$EPQ = EOQ \times \frac{P}{P - D}$$

**4.3.3.2 Estableciendo políticas para los inventarios.** En la mayoría de los negocios, los inventarios representan una inversión relativamente alta y producen efectos importantes sobre todas las funciones principales de la empresa. Cada función tiene a generar demandas de inventario diferente y a menudo incongruente:

*Ventas:* Se necesitan inventarios elevados para hacer frente con rapidez a las exigencias del mercado.

*Producción:* Se necesitan elevados inventarios de materias primas para garantizar la disponibilidad en las actividades de fabricación; y un colchón permisiblemente grande de inventarios de productos terminados facilita niveles de producción estables.

*Compras:* Las compras elevadas minimizan los costos por unidad y los gastos de compras en general.

*Financiación:* Los inventarios reducidos minimizan las necesidades de inversión (corriente de efectivo) y disminuyen los costos de mantener inventarios (almacenamiento, antigüedad, riesgos, etc.).

Los niveles de inventario tienen que mantenerse entre dos extremos: un nivel excesivo que causa costos de operación, riesgos e inversión insostenibles, y un nivel inadecuado que tiene como resultado la imposibilidad de hacer frente rápidamente a las demandas de ventas y producción (Alto costo por falta de existencia). Las políticas de inventarios deben tener como objetivo elevar al máximo el rendimiento sobre la inversión, satisfaciendo las necesidades del mercado. Las políticas de inventarios deben ser fijadas para cada uno de los diferentes conceptos, como: materias primas y materiales auxiliares de fabricación, producción en proceso, artículos terminados, artículos de compra-venta, etc., porque cada una de estas inversiones de activo presentan condiciones peculiares para su administración, específicas para su compra, consumo, procesamiento, para su custodia, para su venta, entre otros.<sup>44</sup>

**4.3.3.3 Establecimiento de los niveles de reserva de seguridad.** Stock de seguridad es aquel que se dispone para cubrir los incrementos no regulares de la demanda y los retrasos en el suministro de los proveedores.

---

<sup>44</sup> BASTIDAS, Edwin., Modelos de inventarios [diapositiva]. Gestión de inventarios, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 75 diapositivas.

**Figura 3. Stock de Seguridad**



**Fuente:** Diapositiva Modelos de inventarios – Gestión de Operaciones

Según Chopra, el inventario de seguridad se mantiene debido a que la demanda es incierta y el producto puede escasear si la demanda real excede a la pronosticada.

**Determinación del nivel adecuado del inventario de seguridad.** El nivel apropiado del inventario de seguridad se determina por los factores siguientes:

- Incertidumbre tanto de la demanda como de la oferta
- El nivel deseado de disponibilidad del producto.

Conforme crece la incertidumbre de la oferta o la demanda, el nivel requerido del inventario de seguridad se incrementa. La demanda tiene un componente sistémico y otro aleatorio, y su meta es predecir el primero y estimar el segundo. Por lo regular, el componente aleatorio se estima como la desviación estándar del error de pronóstico. Se suponen los siguientes datos para la demanda:

D: Demanda promedio (media) por periodo.  $\sigma_D$ : Desviación estándar de la demanda (error de pronóstico) por periodo. El tiempo de espera es el tiempo que transcurre entre el momento en que el cliente coloca el pedido y el momento en que lo recibe.

**4.3.3.4 Sistema (s, Q).** En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden  $s$  o por debajo de él, se ordena una cantidad fija  $Q$ . Este sistema se denomina también el “sistema de los dos cajones”

("two-bin systems"), ya que se puede implementar físicamente teniendo dos cajones para el almacenamiento de un ítem. La demanda se satisface normalmente del primer cajón, hasta que se agota. Tan pronto sea necesario abrir el segundo cajón, el cual contiene tantas unidades como el punto de reorden  $s$  lo indique, se emite una orden por la cantidad fija  $Q$  establecida. Cuando llega la orden, el segundo cajón se llena de nuevo con las unidades equivalentes al punto de reorden, y el resto se deposita en el primer cajón, iniciándose otro ciclo. Nótese que este sistema funciona adecuadamente siempre y cuando no exista más de un pedido de reposición pendiente en cualquier instante de tiempo.

Obviamente, el sistema puede utilizarse ajustando la cantidad a pedir,  $Q$ , hasta que ésta sea considerablemente mayor que la demanda promedio durante el tiempo de reposición.<sup>45</sup>

Las *ventajas* de este sistema son las siguientes:

- Es muy fácil de comprender, especialmente en la forma de "dos cajones" descrita anteriormente.
- La cantidad fija a ordenar minimiza posibles errores en el pedido.

#### **Determinación del punto de re-orden**

$$R = dxL$$

#### **Determinación de la desviación estándar de error del pronóstico**

$$\sigma_L = \sigma \sqrt{L_{\text{meses}}}$$

#### **Determinar el inventario de seguridad**

$$SS = \sigma_L \times k \text{ (tabla normal)}$$

#### **Determinación punto de pedido**

$$s = SS + dxL$$

---

<sup>45</sup> BASTIDAS, Edwin., Modelos de inventarios [diapositiva]. Sistema s,Q, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 64 diapositivas.



## 5. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 5.1 SELECCIÓN DEL PRODUCTO PARA EL ANÁLISIS

La compañía maneja aproximadamente 1.123 referencias de las cuales 104 se producen para stock y las 1.019 referencias restantes se producen bajo pedido. Dichas referencias se clasifican en 8 familias.

**Cuadro 1. Venta Anual Por Familia**

FAMILIA	2011	2012	2013	VENTA PROMEDIO	% PARTICIPACION
EXPANDIDO	\$ 4.071.262.665	\$ 4.576.149.268	\$ 3.828.572.343	\$ 4.158.661.425	68,4%
LAMINA PERFORADA	\$ 944.417.884	\$ 1.044.813.669	\$ 661.178.633	\$ 883.470.062	14,5%
ESLABONADA	\$ 195.041.484	\$ 317.643.214	\$ 343.222.061	\$ 285.302.253	4,7%
ONDULADA	\$ 253.026.493	\$ 293.711.224	\$ 271.143.275	\$ 272.626.997	4,5%
GAVION	\$ 276.788.611	\$ 212.519.206	\$ 250.379.317	\$ 246.562.378	4,1%
MALLA ZARANDA	\$ 136.329.632	\$ 139.486.022	\$ 67.907.843	\$ 114.574.499	1,9%
MALLA CRIBA	\$ 85.244.936	\$ 102.217.862	\$ 106.701.098	\$ 98.054.632	1,6%
MALLA GAVION	\$ 25.850.350	\$ 1.245.845	\$ 38.952.637	\$ 22.016.277	0,4%
<b>Total general</b>	<b>\$ 5.987.962.055</b>	<b>\$ 6.687.786.310</b>	<b>\$ 5.568.057.207</b>	<b>\$ 6.081.268.524</b>	<b>100,0%</b>

**Figura 4. Gráfico % Participación en la venta**



De esta primera clasificación se obtuvo que de las 8 familias que se fabriquen para stock y comercializa la empresa, la familia expandida participa el 68,4% de la venta promedio de los últimos 3 años (2011, 2012, 2013), lo cual indica que las 7 familias restantes participan el 31,6% de la venta promedio anual.

## 5.2 DETERMINACIÓN DEL INVENTARIO ABC

Para poder identificar los productos tipo A, B y C de la familia expandida, se tomaron como referencia las ventas en el período comprendido entre enero 01 al 31 de diciembre de 2013 de las referencias que se fabrican para inventario. Esta información fue tomada directamente del Sistema de la compañía (CG1). El criterio utilizado para esta clasificación fue las cantidades vendidas en dinero.

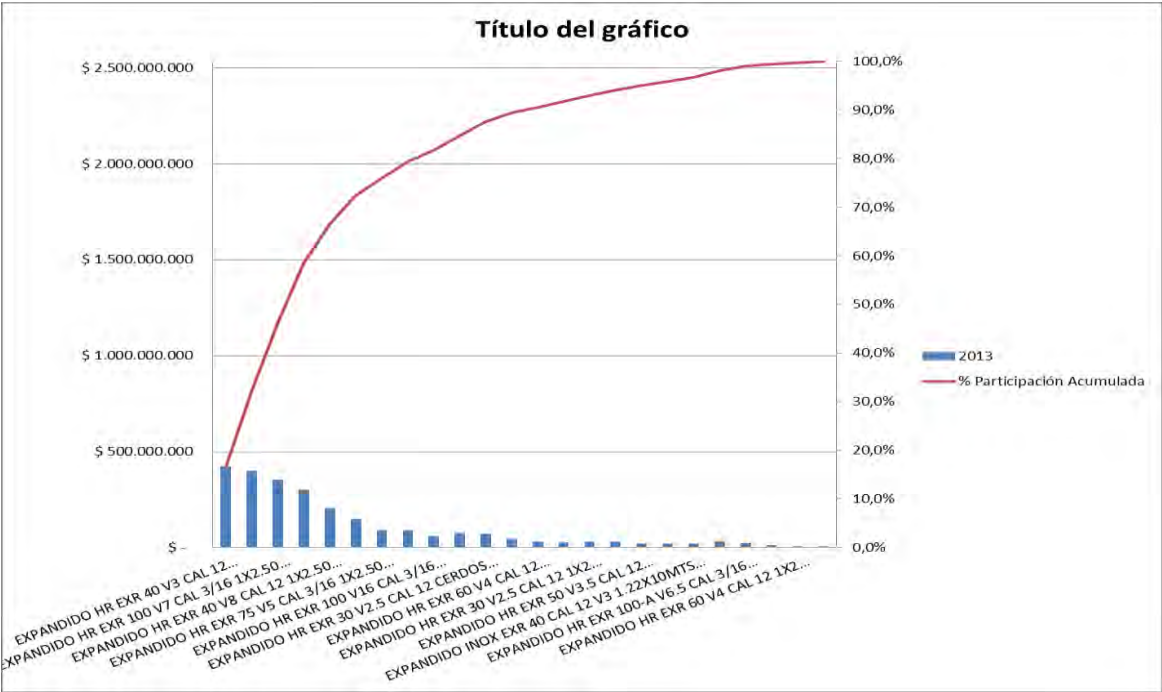
**Cuadro 2. Clasificación ABC de los productos**

No	CODIGO 1	DESCRIPCION	2013	% Participación	% Participación Acumulada	CLASIFICACIÓN
1	20412	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	\$ 424.522.892	16,90%	16,9%	A
2	20422L	EXPANDIDO HR EXR 100 V11 CAL 3/16 1X2.5	\$ 398.683.107	15,87%	33%	A
3	20421L	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16 1X2.50	\$ 355.182.172	14,14%	47%	A
4	20424	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16	\$ 301.491.759	12,00%	59%	A
5	20440L	EXPANDIDO HR EXR 40 V8 CAL 12 1X2.50	\$ 204.937.465	8,16%	67%	A
6	20412LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	\$ 148.494.534	5,91%	73%	A
7	20424L	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16 1X2.50	\$ 91.188.506	3,63%	77%	A
8	20552	EXPANDIDO INOX EXR 40 V3 CAL 12	\$ 88.384.062	3,52%	80%	B
9	20474	EXPANDIDO HR EXR 100 V16 CAL 3/16	\$ 57.693.708	2,30%	82%	B
10	20421	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16	\$ 76.959.523	3,06%	85%	B
11	20433	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 CERDOS	\$ 72.059.227	2,87%	88%	B
12	20425	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12	\$ 44.695.381	1,78%	90%	B
13	20430	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12	\$ 30.276.899	1,21%	91%	B
14	20531	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	\$ 29.221.683	1,16%	92%	B
15	20433LA	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 1X2	\$ 30.387.804	1,21%	94%	B
16	20576	EXPANDIDO INOX EXR 75 V5 CAL 3	\$ 29.831.320	1,19%	95%	B
17	20651	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12	\$ 22.255.317	0,89%	96%	B
18	20531LA	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	\$ 20.570.000	0,82%	97%	C
19	20425LA	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12 1X2	\$ 35.227.937	1,40%	98%	C
20	20648LA	EXPANDIDO HR EXR 100-A V6.5 CAL 3/16	\$ 23.506.784	0,94%	99%	C
21	20651LA	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12 1X2	\$ 12.067.750	0,48%	99%	C
22	20430LA	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12 1X2	\$ 8.009.393	0,32%	100%	C
23	20626LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V4.5 CAL 3/16 1X2	\$ 6.569.230	0,26%	100%	C
			<b>\$ 2.512.216.453</b>			

De esta primera clasificación se obtuvo que de los 23 productos que producen para stock 7 referencias representan el 80% de la venta de la familia expandida. Como se observa en la figura 5, estas referencias constituyen a su vez el 30,4% de los productos del portafolio que se manejan bajo stock de esta familia que se producen en la línea MDL, lo que indica que el 69,57% de las referencias restantes participan únicamente con el 20% de la venta de la familia.

Los productos clasificados como B corresponden al 43,5% y los de tipo C al 26,1 % del inventario total. Ambos inventarios juegan un papel importante dentro de las ventas como los productos clasificados como A, puesto que en algunos casos son complemento de los que hacen parte en la producción por su alta frecuencia, por lo que se debe mantener inventarios adecuados para cumplir con presupuestos de ventas.

Figura 5. Diagrama Pareto de la clasificación de productos



De acuerdo a la figura 5 se puede argumentar que teniendo el control de los 7 primeros productos (30,4%) se puede controlar aproximadamente el 80% del ingreso de dinero a la empresa por esta familia.

Después de realizar la clasificación ABC de los productos se logró determinar que la referencia más vendida y de mayor impacto en las utilidades de la compañía por la familia expandida es la 20412 EXPANDIDO HR EXR 40 CAL12 V3 1X26MTS, con una participación del 16,9%, de esta manera la empresa debe enfocar estrategias de intervención para garantizar el nivel de inventario de sus productos, especialmente las referencias más críticas y adicionalmente con un costo competitivo que le permita posicionar su producto en el mercado e incrementar significativamente las ventas.

### 5.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La propuesta consiste en recolectar datos históricos de la venta de la familia y/o referencia, analizar su comportamiento con los diferentes modelos de pronóstico e identificar aleatoriedad, tendencias y estacionalidad estable o conocida, medir el error y seleccionar el modelo que mejor se ajusta al comportamiento de la demanda.

El comportamiento de los datos se deriva de la naturaleza del producto, por no ser un producto de consumo masivo, se deben tener en cuenta una serie de aspectos que afectan la decisión del comprador, entre ellos está la relación entre comprador y vendedor, precio y tiempo de entrega entre otros<sup>46</sup>.

**5.3.1 Pronóstico familia expandida.** Los productos que componen la familia expandida se comercializa para ser usados en la parte industrial como pisos antideslizantes, encerramientos y zaranda de materiales entre otros. Es por esta razón que al final de año se presenta una caída en la demanda y esto es causado por la salida a vacaciones de las diferentes compañías que demandan el producto.

**Figura 6. Ventas comparativas familia expandida**



En la figura 6, se observa la venta de los últimos 3 años de la referencia de estudio, y se grafica en paralelo para identificar ventas en periodos similares. Con

<sup>46</sup> QuimiNet.com. Diferencia entre mercado industrial y mercado de consumo [en línea]. <http://www.quiminet.com/empresas/diferencia-entre-mercado-industrial-y-mercado-de-consumo-2742243.htm> [citado el 20 de septiembre]

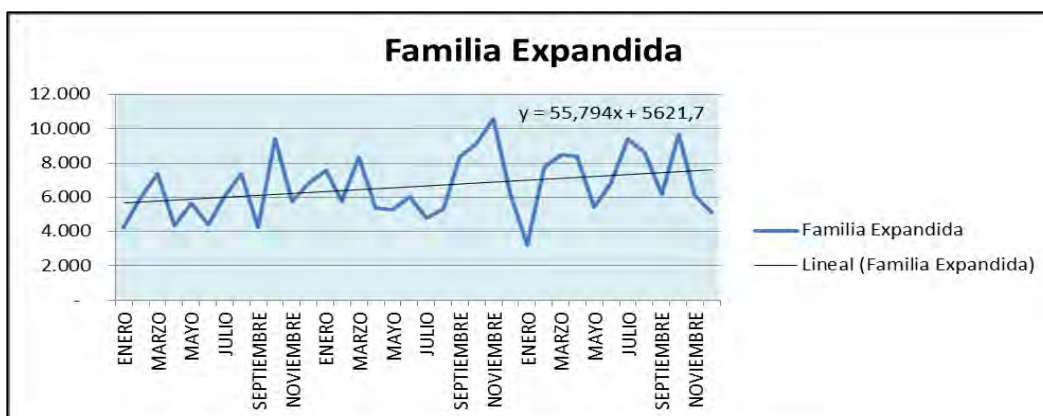
base a los patrones de demanda se observa que la venta no presenta influencia estacional, puesto que no hay ventas repetibles creciente o decrecientes por temporadas.

### Cuadro 3. Datos estadísticos

Año	Datos	Promedio	Desvest	CV	MAX	MIN
2011	12	5.972	1587,21	26,6%	9.418	4.250
2012	12	6.889	1852,22	26,9%	10.585	4.773
2013	12	7.101	1950,57	27,5%	9.648	3.244
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>6.654</b>	<b>1820,08</b>	<b>27,4%</b>	<b>10.585</b>	<b>3.244</b>

En el cuadro 3 se presenta el cv de cada año, donde se puede observar con coeficiente de variación estable, esto indica que la venta de la familia tiene un comportamiento variable similar en cada año.

### Figura 7. Comportamiento venta de la familia



En la figura 7 se observa tendencia creciente de 55,794 M2 por mes de la venta a lo largo de los años, presentando el pico más alto en el mes de noviembre con 10.585 M2 y el más bajo en el mes de enero con 3.244 M2.

Con base a los patrones de demanda y el comportamiento de la venta de la familia objeto de estudio se preseleccionó los métodos: promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial con tendencia.

#### Cuadro 4. Resultados de los métodos

VARIABLE	PROM MOVIL	PROM PONDERADO	SUAVIZACION SIM	SIT
Pronóstico	7.699	8.187	8.203	8.342
MAD	1.873	1.874	1.821	1.773
ECM	5.432.455	4.678.241	4.366.677	4.452.898
Desviacion Estandar	2.331	2.162,92	2.090	2.110

Tomando como indicador la MAD para seleccionar el método que mejor se ajusta al comportamiento de la venta, para este caso el modelo ideal es el suavizamiento exponencial con tendencia (SIT), el cual presenta el menor de la MAD de 1.773, calculando un pronóstico de 8.342 M2 para el siguiente periodo. Para calcular la proyección de los siguientes seis meses se utiliza la formula  $SIT_{t+n}=S_t + nT_t$ , en el siguiente cuadro se presenta el método seleccionado y la proyección de los siguientes seis meses.

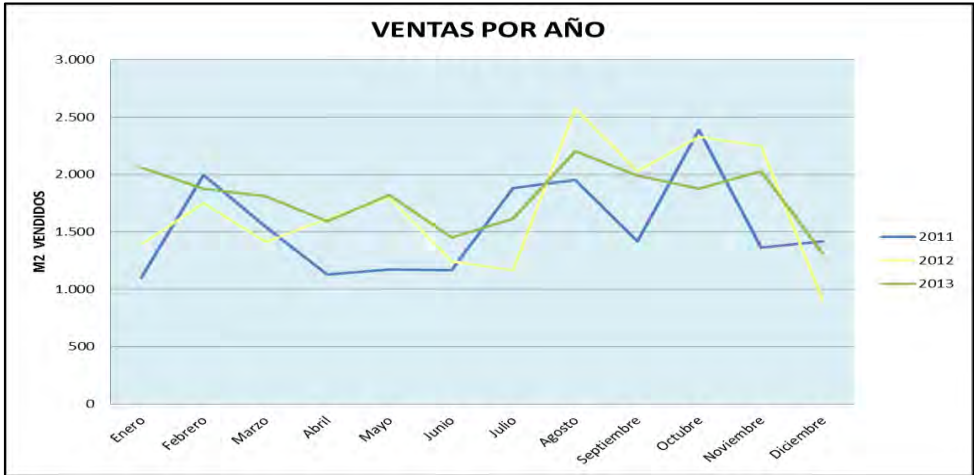
#### Cuadro 5. Método SIT

MES	Demanda (mts)	$S_t$	$T_t$	SIT	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR
1	4.270						
2	5.989						
3	7.387						
4	4.351						
5	5.619	Pendiente a	163,24				
6	4.400	Contante b	4910,7				
7	6.010	ALPHA	0,11286				
8	7.378	BETA	0,010				
9	4.250						
10	9.418						
11	5.765						
12	6.825						
13	7.593	7032,82	163,24	7196,06	397,41	397,41	157934,71
14	5.758	7240,91	163,69	7404,60	-1646,93	1646,93	2712379,35
15	8.351	7218,73	161,83	7380,56	970,71	970,71	942283,29
16	5.351	7490,11	162,93	7653,04	-2301,87	2301,87	5298593,43
17	5.269	7393,25	160,33	7553,58	-2284,71	2284,71	5219879,98
18	6.037	7295,72	157,75	7453,47	-1416,35	1416,35	2006053,85
19	4.773	7293,62	156,15	7449,77	-2676,36	2676,36	7162918,68
20	5.338	7147,72	153,13	7300,85	-1962,52	1962,52	3851477,05
21	8.340	7079,36	150,91	7230,27	1109,51	1109,51	1231006,05
22	9.109	7355,49	152,17	7507,66	1601,37	1601,37	2564388,38
23	10.585	7688,39	153,97	7842,36	2742,82	2742,82	7523035,85
24	6.159	8151,92	157,07	8308,99	-2149,88	2149,88	4621981,13
25	3.244	8066,35	154,64	8221,00	-4976,85	4976,85	24769008,40
26	7.724	7659,31	149,03	7808,34	-84,07	84,07	7067,12
27	8.515	7798,85	148,93	7947,78	567,15	567,15	321658,72
28	8.392	8011,79	149,57	8161,36	231,06	231,06	53388,28
29	5.440	8187,44	149,83	8337,27	-2897,62	2897,62	8396207,99
30	6.837	8010,25	146,56	8156,81	-1319,52	1319,52	1741126,62
31	9.418	8007,89	145,07	8152,96	1265,22	1265,22	1600781,94
32	8.624	8295,75	146,50	8442,25	181,91	181,91	33089,76
33	6.156	8462,78	146,71	8609,49	-2453,35	2453,35	6018928,89
34	9.648	8332,60	143,94	8476,54	1171,50	1171,50	1372406,06
35	6.134	8608,76	145,26	8754,02	-2620,37	2620,37	6866327,76
36	5.080	8458,28	142,30	8600,59	-3521,03	3521,03	12397618,19
37	1	8203,20	138,33	8341,53			
38	2	8203,20	276,66	8479,86			
39	3	8203,20	414,99	8618,19			
40	4	8203,20	553,31	8756,52			
41	5	8203,20	691,64	8894,84			
42	6	8203,20	829,97	9033,17			
Sumas						1.772,92	4.452.897,56
Mad y ECM							2.110,19
Desv. Estand							0,2530
CVD							

El ajuste de las constantes alpha y beta se hacen con la herramienta SOLVER de Excel que minimiza dichos parámetros con respecto a la MAD y Excel busca los valores más indicados para disminuir el error y así tener un pronóstico ajustado.

**5.3.2 Pronóstico referencia seleccionada.** Después de establecer la proyección para la familia expandida, procedemos a realizar el análisis a la referencia seleccionada, la cual representa el mayor porcentaje de participación en las ventas dentro de la familia.

**Figura 8. Ventas comparativas por año**



En la figura 8, se observa la venta de los últimos 3 años de la referencia de estudio, y se grafica en paralelo para identificar ventas en periodos similares. Con base a los patrones de demanda se observa que la venta no presenta influencia estacional, puesto que no hay ventas repetibles creciente o decrecientes por temporadas.

**Cuadro 6. Venta por mes año 2011**

Clase	Codigo	Descripcion	2011-01	2011-02	2011-03	2011-04	2011-05	2011-06	2011-07	2011-08	2011-09	2011-10	2011-11	2011-12
40 MM	20412	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	1.100	1.995	1.544	1.127	1.171	1.165	1.881	1.949	1.418	2.390	1.363	1.417



Figura 9. Venta por mes con tendencia año 2011



En la figura 9 se observa una tendencia creciente de 28,762 M2 por mes de la venta en el año 2011, presentando el pico más alto en el mes de octubre con 2.390 M2 y el más bajo en el mes de enero de 1.100 M2.

Cuadro 7. Venta mes año 2012

Clase	Codigo	Descripcion	2012-01	2012-02	2012-03	2012-04	2012-05	2012-06	2012-07	2012-08	2012-09	2012-10	2012-11	2012-12
40 MM	20412	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	1.389	1.749	1.413	1.614	1.800	1.243	1.169	2.573	2.025	2.329	2.243	907

Figura 10. Venta por mes con tendencia año 2012



En la figura 10 se observa la tendencia creciente de 34,441 M2 por mes de la venta en el año 2012, presentando el pico más alto en el mes de agosto con 2.573 M2 y el más bajo en el mes de diciembre de 907 M2.



## Cuadro 8. Venta mes año 2013

Clase	Codigo	Descripcion	2013-01	2013-02	2013-03	2013-04	2013-05	2013-06	2013-07	2013-08	2013-09	2013-10	2013-11	2013-12
40 MM	20412	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	2.058	1.873	1.807	1.591	1.823	1.450	1.612	2.202	1.987	1.877	2.025	1.314

Figura 11. Venta por mes con tendencia año 2013



En la figura 11 se observa la tendencia decreciente de 10,622 M2 por mes de la venta en el año 2013, presentando el pico más alto en el mes de agosto con 2.202 M2 y el más bajo en el mes de diciembre de 1.314 M2. A pesar del decremento se observa que el rango en el que fluctúa la venta se ha desplazado hacia arriba, esto indica que la venta ha crecido y se puede validar con el promedio de la venta por año presentado en el cuadro 9.

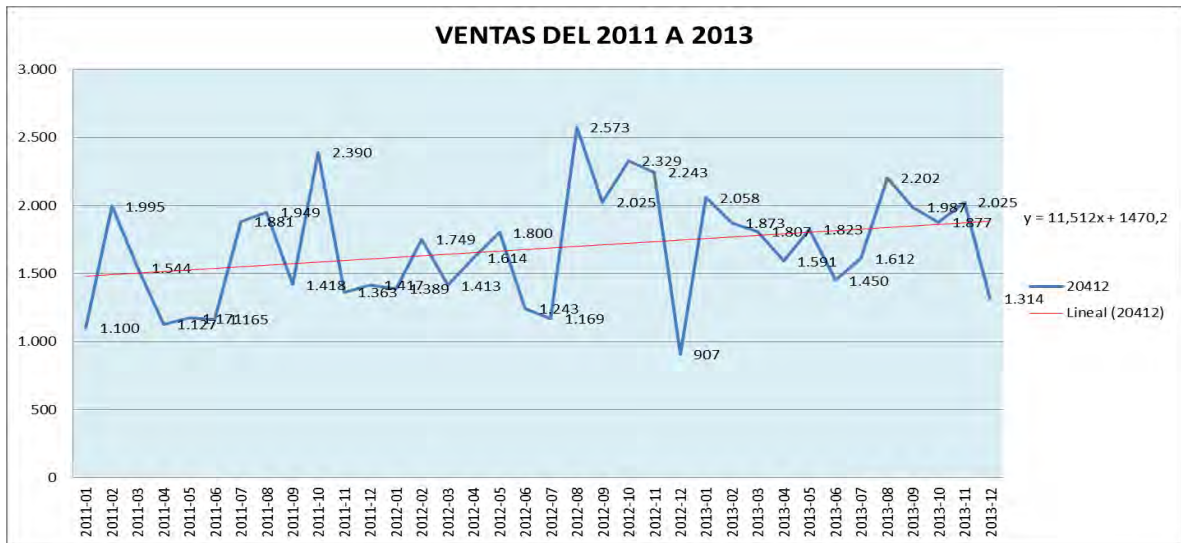
## Cuadro 9. Datos estadísticos

Año	Datos	Promedio	Desvest	CV	MAX	MIN
2011	12	1.543	417,27	27%	2.390	1.100
2012	12	1.705	511,59	30%	2.573	907
2013	12	1.802	263,56	15%	2.202	1.314
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>1.683</b>	<b>412,90</b>	<b>25%</b>	<b>2.573</b>	<b>907</b>

En el cuadro 9 se presenta el cv de cada año, donde los años 2011 y 2012 son mayores al 20%, lo cual indica que la venta en esos años presenta comportamiento variable, a diferencia del año 2013 que presenta menos variación con un cv del 15%.

En general analizando el comportamiento a lo largo de los 3 años consecutivos, los datos generan un cv del 25%, se considera que el comportamiento de los datos es variable.

**Figura 12. Grafico comportamiento de la venta en M2**



En la figura 12 se observa el comportamiento variable con un cv del 25% y la línea nos muestra una leve tendencia creciente de 11,512 M2 por mes, con base a este comportamiento se define aplicar los siguientes métodos: promedio móvil, promedio móvil ponderado, suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial simple con tendencia, con el fin de generar información a la compañía para la toma de decisiones a corto y mediano plazo.

**5.3.2.1 Determinar el método de pronóstico.** Para determinar el método de pronóstico adecuado se toma las ventas históricas de los últimos 3 años y se evalúan en los métodos establecidos anteriormente. El indicador para seleccionar el método es la MAD, el cual mide la dispersión de los valores observados con respecto a los esperados.

**Cuadro 10. Promedio móvil simple (PMS)**

MES	Demanda (mts)	PRONOSTICO	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADRO
1	1.100				
2	1.995				
3	1.544				
4	1.127				
5	1.171				
6	1.165				
7	1.881				
8	1.949				
9	1.418				
10	2.390				
11	1.363				
12	1.417				
13	1.389	1543,33	-153,93	153,93	23695,47
14	1.749	1567,45	181,80	181,80	33051,24
15	1.413	1546,97	-133,85	133,85	17916,05
16	1.614	1536,06	78,03	78,03	6088,03
17	1.800	1576,66	223,45	223,45	49927,67
18	1.243	1629,08	-386,49	386,49	149374,52
19	1.169	1635,55	-466,76	466,76	217861,01
20	2.573	1576,20	997,12	997,12	994258,27
21	2.025	1628,22	397,20	397,20	157766,52
22	2.329	1678,84	650,44	650,44	423072,19
23	2.243	1673,78	569,45	569,45	324273,30
24	907	1747,13	-840,57	840,57	706562,13
25	2.058	1704,60	353,50	353,50	124965,20
26	1.873	1760,32	112,62	112,62	12683,08
27	1.807	1770,63	36,58	36,58	1338,22
28	1.591	1803,47	-212,21	212,21	45032,73
29	1.823	1801,57	21,31	21,31	454,26
30	1.450	1803,47	-353,89	353,89	125234,59
31	1.612	1820,71	-209,17	209,17	43753,83
32	2.202	1857,61	344,87	344,87	118935,32
33	1.987	1826,71	160,70	160,70	25825,56
34	1.877	1823,54	53,67	53,67	2880,56
35	2.025	1785,87	239,54	239,54	57381,01
36	1.314	1767,72	-453,40	453,40	205567,03
37		1801,70	-1801,70	1801,70	3246104,87
<b>Sumas</b>					
<b>Mad y ECM</b>				<b>377,290</b>	<b>284560,106</b>
<b>Desv. Estand</b>					<b>533,442</b>
<b>CVD</b>					<b>0,296</b>

El método genera una MAD de 377,290 M2 y una desviación estándar de 533,442 M2.

**Cuadro 11. Promedio simple ponderado (PMP)**

MES	Demanda (mts)	PRONOSTICO	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR	W
1	1.100					0,1
2	1.995					0,2
3	1.544					0,3
4	1.127					0,4
5	1.171	1423,00	-252,00	252,00	63504,00	
6	1.165	1314,80	-149,80	149,80	22440,04	
7	1.881	1197,10	683,90	683,90	467719,21	
8	1.949	1448,80	500,20	500,20	250200,04	
9	1.418	1694,00	-276,00	276,00	76176,00	
10	2.390	1644,60	745,40	745,40	555621,16	
11	1.363	1959,30	-596,30	596,30	355573,69	
12	1.417	1740,70	-323,70	323,70	104781,69	
13	1.389	1595,50	-206,10	206,10	42477,21	
14	1.749	1492,46	256,79	256,79	65941,10	
15	1.413	1536,22	-123,10	123,10	15153,61	
16	1.614	1509,60	104,49	104,49	10917,53	
17	1.800	1558,36	241,74	241,74	58437,26	
18	1.243	1661,82	-419,23	419,23	175750,44	
19	1.169	1501,20	-332,41	332,41	110493,75	
20	2.573	1361,72	1211,60	1211,60	1467969,71	
21	2.025	1808,49	216,93	216,93	47057,32	
22	2.329	1940,18	389,10	389,10	151398,03	
23	2.243	2170,88	72,35	72,35	5234,38	
24	907	2258,49	-1351,93	1351,93	1827720,13	
25	2.058	1703,99	354,11	354,11	125393,18	
26	1.873	1776,78	96,16	96,16	9246,36	
27	1.807	1772,24	34,97	34,97	1222,83	
28	1.591	1787,04	-195,78	195,78	38330,59	
29	1.823	1759,07	63,81	63,81	4072,35	
30	1.450	1755,27	-305,69	305,69	93443,93	
31	1.612	1625,67	-14,13	14,13	199,63	
32	2.202	1603,19	599,29	599,29	359146,11	
33	1.987	1836,66	150,75	150,75	22726,17	
34	1.877	1922,97	-45,76	45,76	2094,34	
35	2.025	1948,76	76,65	76,65	5875,68	
36	1.314	1991,06	-676,74	676,74	457972,97	
37		1707,53				
<b>Sumas</b>						
<b>Mad y ECM</b>				<b>345,840</b>	<b>218571,577</b>	
<b>Desv. Estand</b>					<b>467,516</b>	
<b>CVD</b>					<b>0,274</b>	

Para este caso el método genera una MAD de 354,840 M2, y una desviación estándar de 467,516 M2, valores menores a los generados con el método promedio simple.

**Cuadro 12. Suavizamiento exponencial simple (SIM)**

MES	Demanda (mts)	St	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR
1	1.100				
2	1.995				
3	1.544				
4	1.127				
5	1.171				
6	1.165				
7	1.881	ALPHA	0,414276		
8	1.949				
9	1.418				
10	2.390				
11	1.363				
12	1.417				
13	1.389	1543,33	-153,93	153,93	23695,47
14	1.749	1479,56	269,69	269,69	72731,34
15	1.413	1591,29	-178,17	178,17	31743,64
16	1.614	1517,48	96,61	96,61	9334,07
17	1.800	1557,50	242,60	242,60	58854,07
18	1.243	1658,00	-415,41	415,41	172568,87
19	1.169	1485,91	-317,12	317,12	100563,93
20	2.573	1354,53	1218,79	1218,79	1485439,68
21	2.025	1859,45	165,97	165,97	27546,97
22	2.329	1928,21	401,07	401,07	160860,60
23	2.243	2094,36	148,87	148,87	22161,98
24	907	2156,03	-1249,47	1249,47	1561184,75
25	2.058	1638,41	419,69	419,69	176141,97
26	1.873	1812,28	60,66	60,66	3680,15
27	1.807	1837,41	-30,20	30,20	911,89
28	1.591	1824,90	-233,64	233,64	54586,43
29	1.823	1728,11	94,77	94,77	8981,90
30	1.450	1767,37	-317,79	317,79	100989,98
31	1.612	1635,72	-24,18	24,18	584,52
32	2.202	1625,70	576,78	576,78	332674,02
33	1.987	1864,65	122,76	122,76	15070,89
34	1.877	1915,50	-38,29	38,29	1466,46
35	2.025	1899,64	125,77	125,77	15818,10
36	1.314	1951,74	-637,42	637,42	406308,62
37		1687,67			
Sumas					
Mad y ECM				314,15	201829,18
Desv. Estand					449,25
CVD					0,266

Este método genera una MAD de 314,15 M2 y una desviación estándar de 449,25 M2, estos valores son mejores que los arrojados por los dos métodos anteriores, y es esperado puesto que este método maneja un factor de suavizamiento que para este caso es alpha (0,414276).

Este valor fue determinado por medio de la aplicación SOLVER de Excel, en donde dicho parámetro se minimizan con respecto a la MAD y Excel busca los valores más indicados para que el error disminuya a su máximo valor y así tener un pronóstico no tan sesgado.

**Cuadro 13. Suavizamiento exponencial con tendencia (SIT)**

MES	Demanda (mts)	S <sub>t</sub>	T <sub>t</sub>	SIT	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR	
1	1.100	Pendiente a Contante b ALPHA BETA	28,762 1356,4 0,388915 0,025					
2	1.995							
3	1.544							
4	1.127							
5	1.171							
6	1.165							
7	1.881							
8	1.949							
9	1.418							
10	2.390							
11	1.363	1730,31 1615,30 1682,77 1593,93 1616,04 1701,87 1538,45 1407,01 1870,62 1947,67 2113,68 2183,76 1707,31 1856,23 1877,18 1864,38 1772,01 1803,89 1678,38 1662,44 1882,03 1935,69 1926,13 1977,45 1732,72 1732,72 1732,72 1732,72 1732,72 1732,72	28,76 25,17 26,23 23,35 23,32 24,88 20,17 16,38 27,56 28,80 32,23 33,18 20,44 23,65 23,58 22,67 19,80 20,10 16,46 15,65 20,75 21,57 20,79 21,55 14,90 29,79 44,69 59,59 74,48 89,38	1759,07 1640,47 1709,00 1617,28 1639,35 1726,75 1558,63 1423,40 1898,18 1976,47 2145,91 2216,94 1727,75 1879,88 1900,76 1887,05 1791,81 1823,99 1694,83 1678,09 1902,78 1957,26 1946,92 1999,00 1747,61 1762,51 1777,41 1792,30 1807,20 1822,10				
12	1.417							
13	1.389							
14	1.749							
15	1.413							
16	1.614							
17	1.800							
18	1.243							
19	1.169							
20	2.573							
21	2.025							
22	2.329							
23	2.243							
24	907							
25	2.058							
26	1.873							
27	1.807							
28	1.591							
29	1.823							
30	1.450							
31	1.612							
32	2.202							
33	1.987							
34	1.877							
35	2.025							
36	1.314							
37	1							
38	2							
39	3							
40	4							
41	5							
42	6							
43								
Sumas								
Mad y ECM						313,23	206451,33	
Desv. Estand							454,3691547	
CVD							0,259994078	

PROYECCION DE  
LA DEMANDA

Este método me genera una MAD de 312,45 M2 y una desviación estándar de 456,33 M2, estos valores son mejores a los arrojados por el método anterior, se utiliza un valor de alpha (0,388) y un beta (0,025). Estos valores fueron determinados por medio de la aplicación SOLVER de Excel, en donde dichos parámetros se minimizan con respecto a la MAD y Excel busca los valores más indicados para que el error disminuya a su máximo valor y así tener un pronóstico no tan sesgado.

En el cuadro 14 se muestra el resumen de los resultados arrojados por los diferentes métodos seleccionados.

**Cuadro 14. Resultados de los modelos de pronósticos**

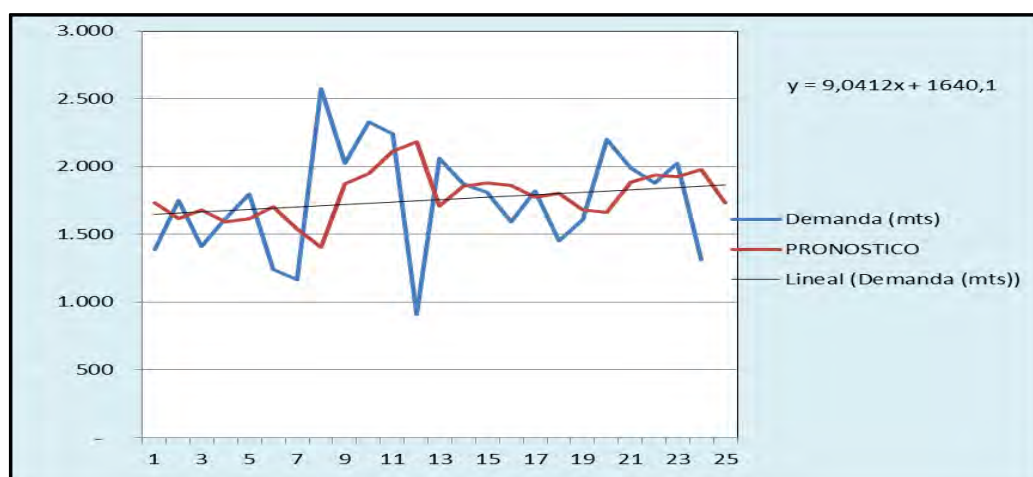
VARIABLE	PROM MOVIL	PROM PONDERADO	SUAVIZACION SIM	SIT
Pronóstico	1.827	1.837	1.865	1.748
MAD	377	314	314	313
ECM	284.560	212.428	201.829	206.451
Desviacion Estandar	533	460,90	449	454

Con base a la MAD se determina el método a utilizar y para este caso el mejor método que presenta menos dispersión en los datos es *Suavizamiento exponencial simple con tendencia*.

Con un alpha de 0.388 y un beta de 0,025, el método genera una proyección para el siguiente periodo de 1.748 M2, para pronosticar los seis meses siguientes se hace utilizando la siguiente ecuación:  $[SIT_{t+n} = S_t + nT_t]$

Por lo tanto, se pronostica los seis meses siguientes, el cual será ajustado cada vez que se genere la demanda real. De igual manera se puede visualizar el comportamiento del modelo del pronóstico seleccionado versus la demanda real del producto. A continuación la siguiente gráfica muestra la relación entre estos dos elementos:

**Figura 13. Gráfica comparativo venta real vs pronóstico**

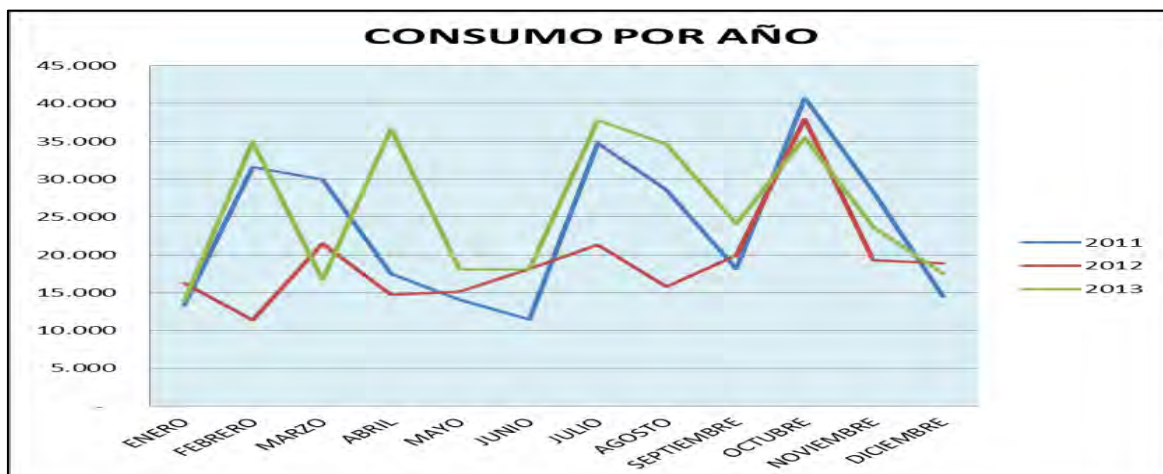


Se puede observar como la tendencia se conserva y la variación del pronóstico es menor comparada con la demanda real, este suceso es gracias a que el modelo suaviza el error y la tendencia.

### 5.3.3 Pronóstico de la materia prima.

Para definir el consumo estimado mensual se recolectó los datos de los últimos 3 años de la materia prima correspondiente al producto terminado objeto de estudio (10147 Lamina HR cal 12).

**Figura 14. Consumo comparativo por año**



En la figura 14, se observa el consumo de los últimos 3 años de la materia prima correspondiente a la referencia de objeto de estudio, esta materia prima se utiliza para producir varias referencias que se producen para inventario y para los pedidos especiales. La producción bajo pedido me afectan el comportamiento del consumo puesto que se utiliza la misma materia prima y la información disponible no tiene el nivel de detalle para desconsiderar el consumo para esos pedidos.

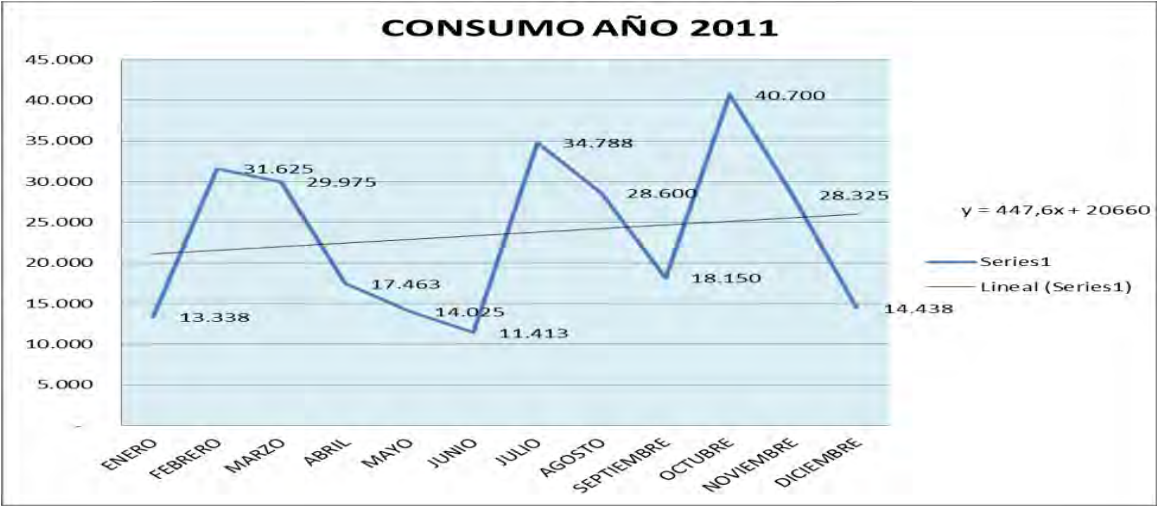
No se considera que el comportamiento presente influencia estacional puesto que es difícil determinar la longitud del periodo en el que converjan los datos, por esta razón se considera evaluar los datos con los métodos utilizados para el producto terminado, también para facilitar la comprensión por parte de la empresa, ya que para ellos se les dificulta el manejo de la herramienta Excel y es nuevo el tema de pronósticos.

**Cuadro 15. Venta mes año 2011**

Código	Descripción	2011-01	2011-02	2011-03	2011-04	2011-05	2011-06	2011-07	2011-08	2011-09	2011-10	2011-11	2011-12
10147	LAMINA HR CAL 12	13.338	31.625	29.975	17.463	14.025	11.413	34.788	28.600	18.150	40.700	28.325	14.438



Figura 15. Consumo 2011 con tendencia

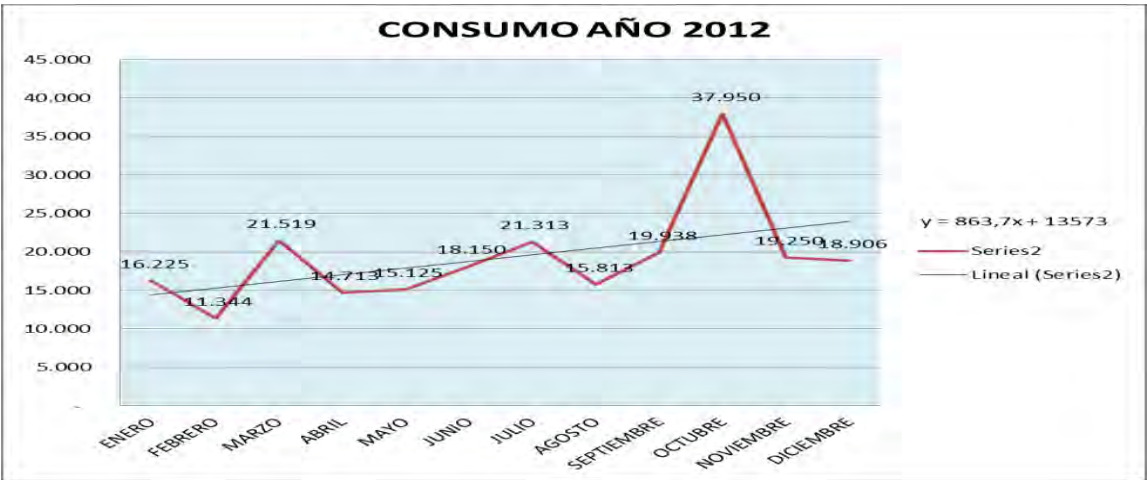


En la figura 15 se observa una tendencia creciente de 447,6 kg por mes del consumo en el año 2011, presentando el pico más alto en el mes de octubre con 40.700 kg y el más bajo en el mes de enero de 11.413 kg.

Cuadro 16. Consumo mes año 2012

Código	Descripción	2012-01	2012-02	2012-03	2012-04	2012-05	2012-06	2012-07	2012-08	2012-09	2012-10	2012-11	2012-12
10147	LAMINA HR CAL 12	16.225	11.344	21.519	14.713	15.125	18.150	21.313	15.813	19.938	37.950	19.250	18.906

Figura 16. Consumo 2012 con tendencia



En la figura 16 se observa una tendencia creciente de 863,6 kg por mes del consumo en el año 2012, presentando el pico más alto en el mes de octubre con 37.950 kg y el más bajo en el mes de enero de 11.344 kg.

#### Cuadro 17. Consumo mes año 2013

Clase	Código	Descripción	2012-01	2012-02	2012-03	2012-04	2012-05	2012-06	2012-07	2012-08	2012-09	2012-10	2012-11	2012-12
HR	10147	LAMINA HR CAL 12	13.888	34.935	16.638	36.644	18.081	18.081	37.813	34.650	24.063	35.475	23.650	17.463

Figura 17. Consumo con tendencia año 2013



En la figura 17 se observa una tendencia creciente en el consumo por mes de 266,28 kg en el año 2013, presentando el pico más alto en el mes de octubre con 35.475 kg y el más bajo en el mes de enero de 13.888 kg.

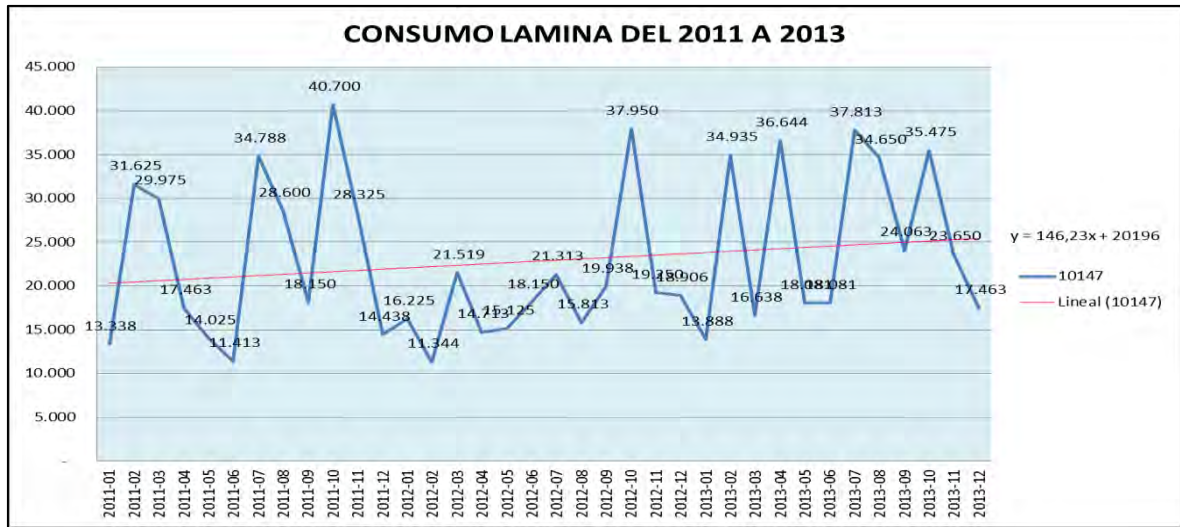
#### Cuadro 18. Datos estadísticos

Datos	Promedio	Desvest	CV	MAX	MIN
12	23.570	9847,86	42%	40.700	11.413
12	19.187	6619,01	34%	37.950	11.344
12	25.948	9240,06	36%	37.813	13.888
36	22.902	8896,54	39%	40.700	11.344

En el cuadro 18 se presenta el cv de cada año, y se observa que los tres años están por encima del 20%, lo que indica que el comportamiento del consumo de la

materia prima es variable, con un promedio de 22.902 kg, una desviación estándar de 8.896,54 kg y un CV del 39%.

**Figura 18. Comportamiento del consumo**



En la figura 18 se observa el comportamiento variable y creciente a 146,23 kg por mes, este comportamiento está ligado a la demanda de los productos terminados que lo componen. Como se dijo anteriormente para facilitar el manejo y comprensión por parte de la empresa se define aplicar los mismos métodos de pronóstico Promedio móvil, Promedio móvil ponderado, Suavizamiento exponencial simple y Suavizamiento exponencial simple con tendencia.

**5.3.3.1 Determinar el método de pronóstico.** Para determinar el método de pronóstico adecuado se toma las ventas históricas de los últimos 3 años y se evalúan en los métodos establecidos anteriormente. El indicador para seleccionar el método es la MAD, por ser una desviación estándar permite medir la dispersión de los de las ventas históricas respecto al proyectado en valores absolutos.

**Cuadro 19. Promedio móvil simple (PMS)**

MES	Demanda (mts)	PRONOSTICO	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR
1	13.338				
2	31.625				
3	29.975				
4	17.463				
5	14.025				
6	11.413				
7	34.788				
8	28.600				
9	18.150				
10	40.700				
11	28.325				
12	14.438				
13	16.225	23.570	-7344,79	7.345	53.945.965
14	11.344	23.810	-12466,67	12.467	155.417.778
15	21.519	22.120	-601,56	602	361.877
16	14.713	21.416	-6703,13	6.703	44.931.885
17	15.125	21.186	-6061,46	6.061	36.741.277
18	18.150	21.278	-3128,13	3.128	9.785.166
19	21.313	21.840	-527,08	527	277.817
20	15.813	20.717	-4904,17	4.904	24.050.851
21	19.938	19.651	286,46	286	82.058
22	37.950	19.800	18150,00	18.150	329.422.500
23	19.250	19.571	-320,83	321	102.934
24	18.906	18.815	91,67	92	8.403
25	13.888	19.187	-5299,48	5.299	28.084.479
26	34.935	18.992	15942,44	15.942	254.161.313
27	16.638	20.958	-4320,59	4.321	18.667.530
28	36.644	20.551	16092,43	16.092	258.966.209
29	18.081	22.379	-4297,68	4.298	18.470.028
30	18.081	22.625	-4544,03	4.544	20.648.220
31	37.813	22.620	15192,95	15.193	230.825.666
32	34.650	23.995	10655,45	10.655	113.538.570
33	24.063	25.564	-1501,84	1.502	2.255.535
34	35.475	25.908	9566,91	9.567	91.525.695
35	23.650	25.702	-2051,84	2.052	4.210.063
36	17.463	26.069	-8606,01	8.606	74.063.415
37		25.948			
<b>Sumas</b>					
<b>Mad y ECM</b>				<b>6.610,73</b>	<b>73.772.718,17</b>
<b>Desv. Estand</b>					<b>8.589,10</b>
<b>CVD</b>					<b>0,331</b>

El método genera una MAD de 6.610,73 kg, con una desviación estándar de 8.589,10 kg.

**Cuadro 20. Promedio simple ponderado (PMP)**

MES	Demanda (mts)	PRONOSTICO	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR	W
1	13.338					0,1
2	31.625					0,2
3	29.975					0,3
4	17.463					0,4
5	14.025	23.636	-9611,25	9.611	92.376.127	
6	11.413	20.006	-8593,75	8.594	73.852.539	
7	34.788	15.263	19525,00	19.525	381.225.625	
8	28.600	21.890	6710,00	6.710	45.024.100	
9	18.150	25.561	-7411,25	7.411	54.926.627	
10	40.700	23.939	16761,25	16.761	280.939.502	
11	28.325	30.924	-2598,75	2.599	6.753.502	
12	14.438	30.030	-15592,50	15.593	243.126.056	
13	16.225	24.228	-8002,50	8.003	64.040.006	
14	11.344	20.556	-9212,50	9.213	84.870.156	
15	21.519	15.125	6393,75	6.394	40.880.039	
16	14.713	16.699	-1986,88	1.987	3.947.672	
17	15.125	16.232	-1106,88	1.107	1.225.172	
18	18.150	15.902	2248,13	2.248	5.054.066	
19	21.313	16.892	4420,63	4.421	19.541.925	
20	15.813	18.466	-2653,75	2.654	7.042.389	
21	19.938	17.861	2076,25	2.076	4.310.814	
22	37.950	18.796	19153,75	19.154	366.866.139	
23	19.250	26.455	-7205,00	7.205	51.912.025	
24	18.906	24.654	-5747,50	5.748	33.033.756	
25	13.888	22.921	-9033,75	9.034	81.608.639	
26	34.935	18.872	16062,75	16.063	258.011.938	
27	16.638	23.846	-7208,85	7.209	51.967.518	
28	36.644	21.804	14840,24	14.840	220.232.649	
29	18.081	28.024	-9943,18	9.943	98.866.729	
30	18.081	25.047	-6965,34	6.965	48.515.926	
31	37.813	21.649	16163,13	16.163	261.246.610	
32	34.650	27.830	6820,00	6.820	46.512.400	
33	24.063	30.628	-6565,63	6.566	43.107.432	
34	35.475	29.391	6084,38	6.084	37.019.619	
35	23.650	32.120	-8470,00	8.470	71.740.900	
36	17.463	28.380	-10917,50	10.918	119.191.806	
37		23.581				
<b>Sumas</b>						
<b>Mad y ECM</b>				<b>8.627,69</b>	<b>99.967.825,12</b>	
<b>Desv. Estand</b>					<b>9.998,39</b>	
<b>CVD</b>					<b>0,424</b>	

Para este caso el método genera una MAD de 8.627,69 kg, y una desviación estándar de 9.998,39 kg, valores mayores a los generados por el método promedio simple.

**Cuadro 21. Suavizamiento exponencial simple (SIM)**

MES	Demanda (mts)	St	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR
1	13.338				
2	31.625				
3	29.975				
4	17.463				
5	14.025				
6	11.413				
7	34.788	ALPHA	0,095692		
8	28.600				
9	18.150				
10	40.700				
11	28.325				
12	14.438				
13	16.225	23569,79	-7344,79	7344,79	53945964,63
14	11.344	22866,96	-11523,21	11523,21	132784279,41
15	21.519	21764,28	-245,53	245,53	60285,49
16	14.713	21740,79	-7028,29	7028,29	49396800,66
17	15.125	21068,24	-5943,24	5943,24	35322068,42
18	18.150	20499,52	-2349,52	2349,52	5520238,48
19	21.313	20274,69	1037,81	1037,81	1077050,94
20	15.813	20374,00	-4561,50	4561,50	20807275,02
21	19.938	19937,50	0,00	0,00	0,00
22	37.950	19937,50	18012,50	18012,50	324450103,13
23	19.250	21661,15	-2411,15	2411,15	5813634,36
24	18.906	21430,42	-2524,17	2524,17	6371439,78
25	13.888	21188,88	-7301,38	7301,38	53310133,91
26	34.935	20490,20	14444,43	14444,43	208641482,80
27	16.638	21872,41	-5234,91	5234,91	27404275,38
28	36.644	21371,47	15272,28	15272,28	233242476,16
29	18.081	22832,90	-4751,65	4751,65	22578197,64
30	18.081	22378,21	-4296,96	4296,96	18463852,07
31	37.813	21967,03	15845,47	15845,47	251079070,32
32	34.650	23483,31	11166,69	11166,69	124695065,39
33	24.063	24551,87	-489,37	489,37	239478,51
34	35.475	24505,04	10969,96	10969,96	120340083,57
35	23.650	25554,77	-1904,77	1904,77	3628154,51
36	17.463	25372,50	-7910,00	7910,00	62568111,11
37		24615,58			
Sumas					
Mad y ECM				6.773,73	73.405.813,40
Desv. Estand					8.567,72
CVD					0,35

Este método genera una MAD de 6.773,73 kg, una desviación estándar de 8.567,72 kg; este método maneja un factor de suavizamiento que para este caso es alpha (0,414276). Este valor fue determinado por medio de la aplicación SOLVER de Excel, en donde dicho parámetro se minimizan con respecto a la MAD y Excel busca los valores más indicados para que el error disminuya a su máximo valor y así tener un pronóstico no tan sesgado.

**Cuadro 22. Suavizamiento exponencial con tendencia (SIT)**

MES	Demanda (mts)	St	Tt	SIT	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADR
1	13.338						
2	31.625						
3	29.975						
4	17.463						
5	14.025	Pendiente a	447,6				
6	11.413	Contante b	20660				
7	34.788	ALPHA	0,149301				
8	28.600	BETA	0,206				
9	18.150						
10	40.700						
11	28.325						
12	14.438						
13	16.225	26.479	447,60	26.926	-10701,40	10.701	114.519.962
14	11.344	25.329	119,22	25.448	-14104,14	14.104	198.926.788
15	21.519	23.342	-313,57	23.029	-1509,80	1.510	2.279.510
16	14.713	22.803	-359,90	22.443	-7730,74	7.731	59.764.282
17	15.125	21.289	-597,13	20.692	-5566,90	5.567	30.990.419
18	18.150	19.861	-767,95	19.093	-942,81	943	888.891
19	21.313	18.952	-796,88	18.155	3157,33	3.157	9.968.749
20	15.813	18.627	-700,00	17.927	-2114,07	2.114	4.469.271
21	19.938	17.611	-764,87	16.846	3091,43	3.091	9.556.963
22	37.950	17.308	-670,00	16.638	21312,38	21.312	454.217.703
23	19.250	19.820	-16,02	19.804	-553,56	554	306.425
24	18.906	19.721	-33,01	19.688	-781,65	782	610.982
25	13.888	19.571	-56,99	19.514	-5626,71	5.627	31.659.863
26	34.935	18.674	-229,65	18.444	16490,14	16.490	271.924.714
27	16.638	20.906	276,36	21.183	-4545,34	4.545	20.660.107
28	36.644	20.504	136,88	20.641	16002,65	16.003	256.084.878
29	18.081	23.030	627,93	23.658	-5576,99	5.577	31.102.864
30	18.081	22.826	456,80	23.282	-5201,14	5.201	27.051.895
31	37.813	22.506	297,20	22.803	15009,44	15.009	225.283.360
32	34.650	25.044	757,77	25.802	8848,24	8.848	78.291.404
33	24.063	27.123	1029,29	28.152	-4089,60	4.090	16.724.803
34	35.475	27.542	903,80	28.445	7029,69	7.030	49.416.510
35	23.650	29.495	1119,51	30.614	-6964,36	6.964	48.502.289
36	17.463	29.575	905,80	30.480	-13017,87	13.018	169.465.033
37		28.537	506,34	29.043			
Sumas							
Mad y ECM						7.498,68	88.027.819,45
Desv. Estand							9.382,31
CVD							0,323047614

Este método me genera una MAD de 7.498,68 kg, una desviación estándar de 9.382,31 kg, se utiliza un valor de alpha (0,1493) y un beta (0,206).

Estos valores fueron determinados por medio de la aplicación SOLVER de Excel, en donde dichos parámetros se minimizan con respecto a la MAD y Excel busca los valores más indicados para que el error disminuya a su máximo valor y así tener un pronóstico no tan sesgado.

En el cuadro 23 se muestra el resumen de los resultados arrojados por los diferentes métodos seleccionados.

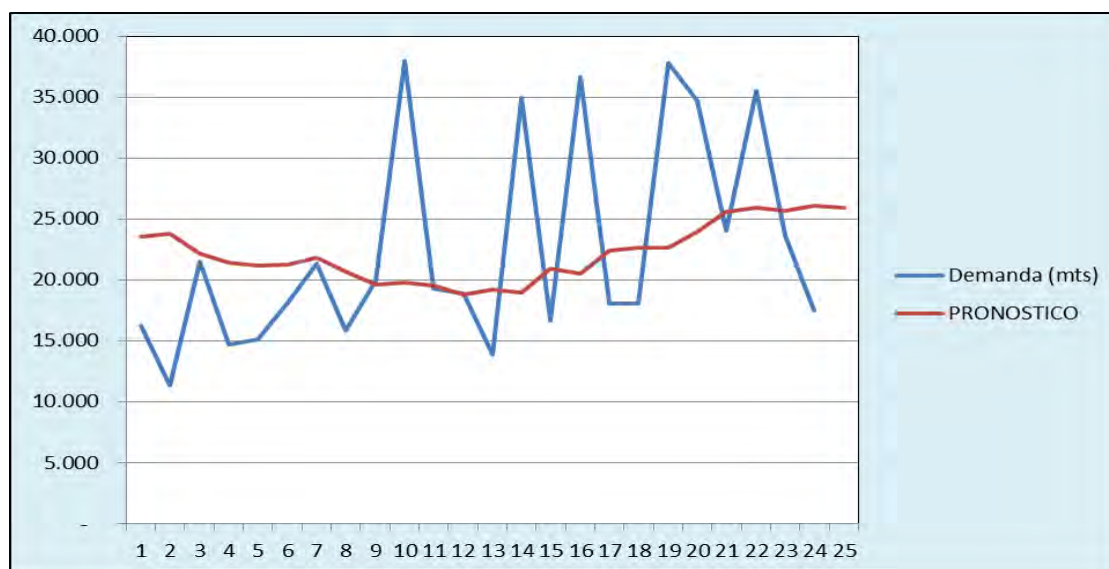
**Cuadro 23. Resultados de los modelos de pronósticos**

VARIABLE	PMS	PMP	SIM	SIT
Pronóstico	25.564	30.628	24.552	29.043
MAD	6.611	8.628	6.774	7.499
ECM	73.772.718	99.967.825	73.405.813	88.027.819
Desviacion Estandar	8.589	9.998	8.568	9.382
CVD	0,331	0,424	0,348	0,323

Con base a la MAD se determina el método a utilizar y para este caso el mejor método que presenta menos dispersión en los datos es *Promedio móvil simple*.

De igual manera en la siguiente gráfica se puede visualizar el comportamiento del modelo del pronóstico seleccionado versus la demanda real del producto.

**Figura 19. Gráfica comparativa consumo vs pronóstico**

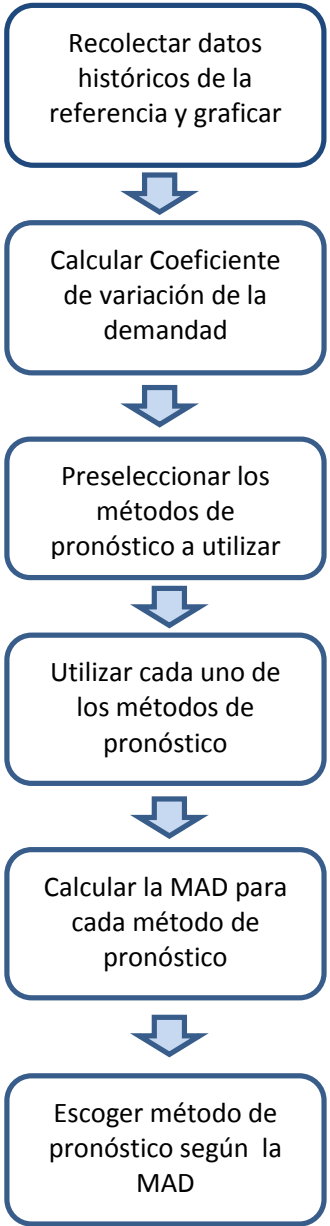


Como se observa el comportamiento del pronóstico sigue la misma tendencia creciente pero a diferencia de la demanda real la variación del pronóstico es menor, puesto que el modelo minimiza los picos altos y bajos del consumo.

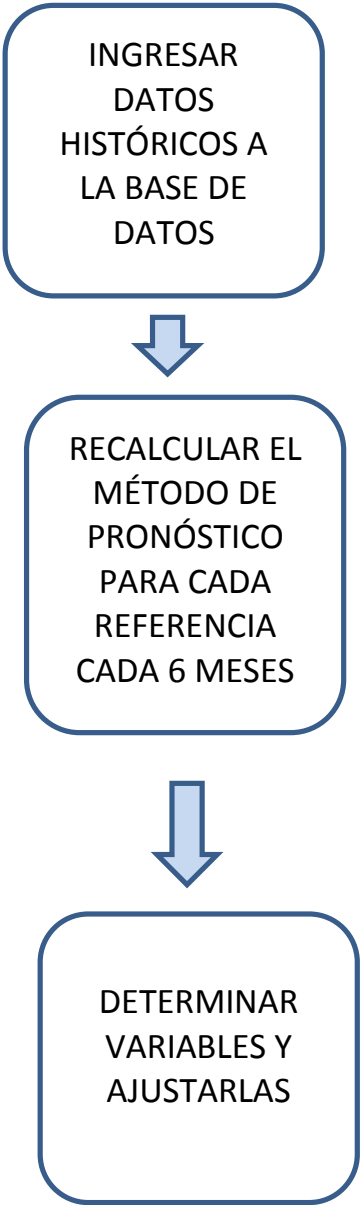


Figura 20. Flujograma para seleccionar métodos de pronósticos

PARA LA SELECCION



PARA EL CONTROL



## 5.4 CONTROL DE INVENTARIO CON DEMANDA DETERMINISTICA

**5.4.1 Modelo cantidad fija.** Para este caso se define utilizar el modelo de cantidad fija de la orden puesto que con este modelo se determina la cantidad de pedido que minimiza los costos de inventario.

### Variables

- D = Demanda del producto en un periodo determinado, para este caso es producto terminado (20412 EXPANDIDO HR EXR 40 CAL12 V3 1X26MTS) y materia prima (10147 Lamina HR calibre 12).
- Costos de Pedir: costos administrativos y de personal para preparar la orden de compra.
- Costo de alistamiento: costo de poner la maquina a punto.
- Costos de Mantener: incluye los costos de las instalaciones de almacenaje, el manejo, el mantenimiento, los daños, la obsolescencia, la depreciación los impuestos y los costos de oportunidad del capital.
- Costos de comprar: es el valor de la demanda del producto al año.

**5.4.1.1 Supuestos iniciales para la aplicación del modelo.** Para la aplicación del modelo se tiene en cuenta los siguientes supuestos:

- La demanda del producto es constante y uniforme a lo largo del periodo.
- El tiempo de entrega (desde la colocación de la orden hasta su recepción) es constante.
- El precio por unidad del producto es constante.
- El costo de mantener el inventario está basado en un inventario promedio.
- Los costos por colocar la orden o la preparación son constantes.
- Todas las demandas del producto serán satisfechas.

**5.4.1.2 Datos de entrada para la aplicación del modelo.** Para la recolección de la información se solicitó a la empresa registros comerciales y contables, como precio de venta y costos entre otros, también se recogieron datos históricos concerniente a la referencia objeto de estudio.

En algunos casos se estimaron los datos con base a la teoría y/o conocimiento del personal encargado del proceso.

**Montaje y alineamiento.** Para la empresa el montaje hace referencia a la instalación de los punzones encargados de generar las dimensiones del rombo y vena de la malla, de igual manera se instala la cuchilla la cual es encargada de realizar el corte de la malla del largo especificado. La alineación consiste en ubicar los punzones equidistantes y arrimar la cuchilla hasta el punto de hacer un buen corte sin estrellar con los punzones. El montaje de los punzones y la cuchilla se demora 4 horas. Para el cambio de filo se utiliza 1 hora y alcanza para 420 M2.

**Costo de alistamiento.** El costo de la hora maquina es la suma de: costo hora de la mano de obra y el costo hora máquina:

Costo hora mano de obra = salario/30 días/8horas =  $1.145.664 / 30 / 8 = \$4.773,60$

Costo hora maquina = valor comercial maquina / horas disponibles  
=  $\$40.000.000 / (12 * 30 * 8) = \$13.888,89$

Costo hora alistamiento =  $4.773,60 + 13.888,89 = \$18.662,49$

El costo de alistamiento es el producto entre las 4 horas requeridas para realizar el alistamiento y el costo de una hora maquina  $4 * \$18.662,49 = \$74.649,9$ .

**Costo de tener inventario.** Los costos de mantener inventarios están asociados con la cantidad del stock almacenado. A menudo se considera que equivalen al 25% del valor anual del producto, aunque hay autores que afirman que pueden oscilar entre 12% y 34%. El valor real va a depender de la industria y de los costos reales capturados de los datos contables. Los costos de mantener inventarios se aplican al valor medio del inventario.<sup>47</sup>

---

<sup>47</sup> Negocios globales. El costo de mantener inventarios [en línea]. <<http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=749&edi=32&xit=una-verdad-incomoda-el-costode-mantener-inventarios>> [citado el 26 de septiembre de 2014]

La información contenida en el cuadro 24, es suministrada por la empresa, el % de participación se calcula dividiendo el costo de cada rubro sobre el costo promedio del inventario. Para hallar la tasa de mantener el inventario se suma los costos y se divide entre el costo del inventario promedio.

#### **Cuadro 24. Costo de mantener inventario**

COSTO DE MANTENER INVENTARIOS		
Costo Inventario promedio (2014)		\$ 1.699.626.612
Descripcion		Costo
Costo de Capital	Gastos financieros	\$ 254.943.991,82
Costo de servicio	Seguros	\$ 49.289.171,75
Costo de almacenamiento	Arriendos	\$ 13.500.000,00
	Otros gastos variables	\$ 15.296.639,51
Costo del riesgo	Obsoletos - averias	\$ 8.498.133,06
Total costo de manetener inven.		\$ 341.527.936,14
Tasa de mantener inventario		20%

**Datos de servicio al cliente.** La compañía no maneja información de venta no atendida e incumplimiento de entrega por parte de los proveedores, por esta razón se analizó los dos puntos con las personas encargadas de cada proceso, gerente comercial y comprador.

En la parte de producto terminado, la empresa abastece las sucursales desde la planta principal y en caso de que la planta no pueda abastecer por algún inconveniente la empresa tiene estipulado trasladar la mercancía necesaria de la sucursal más cercana y que posea el inventario disponible para la venta. De esta manera los pedidos no atendidos son bajos. También tienen una política de inventario de 26 días para el producto terminado, y cuando el inventario cae a 15 días, se activan las alarmas para reabastecer el inventario, contando con 8 días para producir y 2 días de tránsito, con base a este esquema cuando el producto llega el inventario en la sucursal teóricamente debe estar en 5 días.

Para la materia prima, la compañía realiza una revisión del consumo del último trimestre y con base al consumo y el inventario inicial determina la cantidad a comprar, esta cantidad es dividida entre los proveedores con disponibilidad y precio competitivo. La empresa como estrategia para equilibrar el costo de la materia prima distribuye las cantidades de tal forma que el precio sea estable. De acuerdo a lo anterior expuesto se considera un nivel de servicio para ambos casos de 95%, dando como ocurrencia de pedidos insatisfechos del 5%.

En el cuadro 25 se presentan los datos de entrada necesarios pertenecientes a la referencia 20412.

**Cuadro 25. Parámetros de la referencia**

Parametros Generales	
Descripción	Valor
Montaje y Alineamiento	4 horas
Costo Hora Maquina	\$ 18.662
Costo Alistamiento total	\$ 74.650
Costo Tener inventario (tasa)	20%
Parametros Especificos	
Descripción	Valor
Precio Venta M2	\$ 26.700
Costo Item M2	\$ 11.616
Costo Utilidad M2	\$ 15.084
Margen de Utilidad	56%
d=demanda Pronosticada M2	1.747,61
G=desviación estandar M2	454
D=Demanda en el año M2	20.971
P=Nivel de Servicio	95%
PU(k)=probabilidad ocurrencia	5%
K=Factor de Seguridad	1,65
L = lead time	8 días
	0,267 mes
´d = demanda diaria	58
p = Tasa de produccion diaria	590

#### 5.4.1.3 Determinación del inventario para producto terminado

##### Cantidad económica de pedido (EPQ)

Ecuación

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \times \frac{P}{P - d}$$

Dónde:

D = 20.972

S = 74.650

H = 20% x 11.616 = 2.3232

P = 590 M2/día

´d = 58,3 M2/día

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 20972 \times 74650}{2.3232}} \times \frac{590}{590 - 58,3} = 1.288 \text{ M2}$$

Tiempo de producción EPQ = ((1.288 x 2,44)/60)/8 = 6,54 días

Rotación inventario = (1.288 / 1.747,61) x 30 = 22,11días

La cantidad económica a producir es 1.288 M2, el cual requiere 6,54 días para fabricarlo y me genera una rotación en el inventario de 22,11 días, con una demanda de 58,3 M2 por día.

#### **Determinación del punto de re-orden**

$$R = dxL$$

$$R = 1.747,65 \times 0,267$$

$$R = 466 \text{ M2}$$

#### **Determinación de la desviación estándar de error del pronóstico**

$$\sigma_L = \sigma \sqrt{L_{\text{meses}}}$$

$$\sigma_L = 454 \sqrt{0,267}$$

$$\sigma_L = 235 \text{ M}$$

#### **Determinar el inventario de seguridad**

$$ss = \sigma_L \times k \text{ (tabla normal)}$$

$$ss = 235 \times 1,65$$

$$ss = 387$$

#### **Determinación punto de pedido**

$$s = SS + dxL$$

$$s = 387 + 466 = 853$$

Cada vez que el inventario cae a 853 M2 se debe hacer un pedido por 1.288 M2, el cual requiere un tiempo mínimo de producción de 6,54 días más el tiempo de tránsito que oscila entre 2 a 3 días dependiendo del destino de la sucursal; contando con el punto de reorden (466 M2) que permite atender la venta mientras se produce el pedido, adicional se tiene el inventario de seguridad (387 M2) que permite amortiguar los cambios impredecibles en la demanda.

**Determinación del inventario de la materia prima.** A continuación se presenta la información y cálculos de entrada para determinar el tamaño económico del pedido de la materia prima objeto de estudio.

**Costo de colocar un pedido.** Este concepto contempla los valores en que incurre la empresa para generar un nuevo pedido. Para calcular el costo de ordenar se tiene en cuenta las actividades de la persona encargada de realizar los pedidos de compra, para ello se cuenta con la experticia del empleado y la información a la mano.

La actividad que más le demanda tiempo son las cotizaciones, el cual se determina el 75% del tiempo laborable, y el 25% se establece para poner órdenes de compra, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Definiendo como orden de compra, los pedidos de materia prima y de servicios.
- Las órdenes de servicio son todas las compras de insumos, suministros para mantenimiento, y/o arreglos locativos.
- Mano de obra hace referencia al tiempo que ocupa el comprador en realizar la planeación para determinar la cantidad a comprar.

Las órdenes de materia prima son aprobadas por parte del director de producción y el gerente general, el costo por orden es suministrado por la empresa.

#### Cálculos

- Salario comprador  $\$1.200.000 \times (1+0,59) = \$1.908.000$
- Mano de obra =  $\$1.908.000 \times 25\% = \$477.000$  ordenes/mes
- Mano obra x orden =  $\$477.000 / 100$  órdenes al mes =  $\$4.770$
- Aprobación director x orden =  $\$4.166$
- Aprobación gerente x orden =  $\$6.100$
- Insumos x orden (papelería + impresión) =  $\$70$
- Total costo de colocar un pedido =  $\$15.106$

El cuadro 26, se resumen los datos de entrada para el cálculo del EOQ para la materia prima.

**Cuadro 26. Parámetros de la Materia prima**

Parametros Generales		Parametros Item	
Salario comprador mensual	\$ 1.200.000	Precio Compra kg	\$ 1.700
Parafiscales 59%	\$ 708.000	d=demanda Pronosticada	25.564
<b>Total</b>	<b>\$ 1.908.000</b>	$\sigma$ =desviación estandar	9.887
		D=Demanda en el año	306.772
Actividad	% Participación	P=Nivel de Servicio	95%
Costeo de pedidos	75%	PU(k)=probabilidad ocurrencia	5%
Ordenes de compra	25%	K=Factor de Seguridad	1,65
		L = lead time	8
Salario proporcional	\$ 477.000		0,267
Ordenes al mes MP	30	Peso lamina	137,5
Ordenes al mes servicio	70		
<b>Total Ordenes mes</b>	<b>100</b>		
Mano de obra Comprador	\$ 4.770		
Aprobación Orden Director	\$ 4.166		
Aprobación Orden Gerente	\$ 6.100		
Papel	\$ 50		
Impresión	\$ 20		
<b>Costo de colocar un pedido</b>	<b>\$ 15.106</b>		
Costo de tener inventario	20%		

### Cantidad económica de pedido (EOQ)

Ecuación

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}}$$

Dónde:

D = 306.772 kg

S = \$15.106

H = 20% x 1.700 = 340

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 306.772 \times 15.106}{340}} = 5.221 \text{ kg}$$

Rotación inventario = (5.221 / 25.564) x 30 = 6,12 días

La cantidad económica a pedir es 5.221 kg, donde el proveedor tiene 8 días para realizar la entrega y el EOQ me genera una rotación en el inventario de 6,12 días, con un consumo de 852 kg diario.



### **Determinación del punto de re-orden**

$$R = dxL = 25.564 \times 0,267 = 6.817 \text{ kg}$$

### **Determinación de la desviación estándar de error del pronóstico**

$$\sigma_L = 9.887 \sqrt{0,267} = 5.106 \text{ kg}$$

### **Determinar el inventario de seguridad**

$$\begin{aligned} ss &= \sigma_L \times k \text{ (tabla normal)} \\ ss &= 5.106 \times 1,645 = 8.424 \text{ kg} \\ ss &= 8.424 \text{ kg} \end{aligned}$$

### **Determinación punto de pedido**

$$\begin{aligned} s &= SS + dxL \\ s &= 8.424 + 6.817 = 15.241 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cada vez que el inventario cae a 15.241 kg se debe hacer un pedido por 5.221 kg, donde el proveedor tiene 8 días para realizar la entrega; mientras llega el pedido el punto de reorden (6.817 kg) y el inventario de seguridad (8.424 kg) soportan el consumo y amortiguan los cambios impredecibles en el planta.

Con base a este cálculo la empresa genera pedidos de materia prima para entrega semanal, minimizando el costo del inventario y a su vez los costos que implican mantenerlo.

## **5.5 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Actualmente la empresa no dispone de una planeación organizada y controlada, no conocen lo que sucederá a mediano plazo por ende se les dificulta tomar decisiones para anticipar, adelantar y posponer actividades si fuera el caso, generar acciones correctivas o implementar acciones que busquen la mejora continua. En el anexo 1 se presenta el VSM del proceso de planeación de la compañía.

**5.5.1 Planeación agregada.** La empresa tiene establecida su unidad de medida en metros cuadrados (M2), de esta manera los registro de venta, producción y todo tipo de movimientos respecto al producto terminado se maneja bajo esta medida agregada. La estrategia seleccionada para esta empresa es mantener la fuerza de trabajo constante pero variar la proporción de la utilización de la fuerza de trabajo y de esta forma disminuir la rotación del personal, costo de contratación, despido, capacitación y curva de aprendizaje, pero puede incurrir en otro tipo de costos como el tiempo extra o en faltas a los límites jurídicos.

Para generar la planeación agregada se necesita calcular la tasa de producción agregada, para ellos se utiliza el tiempo de proceso para un metro cuadrado de cada producto y multiplicarlo por el porcentaje de participación de cada referencia y sumarla.

En el siguiente cuadro se presenta los resultados del cálculo y la tasa agregada para la familia expandida:

**Cuadro 27. Calculo unidad agregada para la familia expandida**

Código	Descripción	Min/M2	Horas /M2	% Participación	Tiempo de producción
20421L	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16 1X2.50	1	0,017	14%	0,0024
20421	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16	1	0,017	3%	0,0005
20422L	EXPANDIDO HR EXR 100 V11 CAL 3/16 1X2.5	1	0,017	16%	0,0026
20474	EXPANDIDO HR EXR 100 V16 CAL 3/16	1	0,017	2%	0,0004
20576	EXPANDIDO INOX EXR 75 V5 CAL 3	1,2	0,020	1%	0,0002
20648LA	EXPANDIDO HR EXR 100-A V6.5 CAL 3/16	1,7	0,028	1%	0,0003
20425	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12	1,8	0,030	2%	0,0005
20425LA	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12 1X2	1,8	0,030	1%	0,0004
20552	EXPANDIDO INOX EXR 40 V3 CAL 12	1,8	0,030	4%	0,0011
20430	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12	2	0,033	1%	0,0004
20430LA	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12 1X2	2	0,033	0%	0,0001
20651	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12	2	0,033	1%	0,0003
20651LA	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12 1X2	2	0,033	0%	0,0002
20412	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	2,14	0,036	17%	0,0060
20412LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	2,14	0,036	6%	0,0021
20433	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 CERDOS	2,2	0,037	3%	0,0011
20433LA	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 1X2	2,2	0,037	1%	0,0004
20626LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V4.5 CAL 3/16 1X2	2,3	0,038	0%	0,0001
20424	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16	2,5	0,042	12%	0,0050
20424L	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16 1X2.50	2,5	0,042	4%	0,0015
20440L	EXPANDIDO HR EXR 40 V8 CAL 12 1X2.50	2,8	0,047	8%	0,0038
20531	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	4	0,067	1%	0,0008
20531LA	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	4	0,067	1%	0,0005
Tasa producción Agregada					<b>0,0307</b>

La tasa de producción agregada para la familia expandida es de 0,0307 horas por metro cuadrado.

En el cuadro 27, se calcula la necesidad de los operarios basado en el pronóstico de la familia objeto de estudio, con base a esta necesidad se requiere 2 colaboradores para laborar cada mes, pero el segundo colaborador tendría horas no utilizadas y para aprovechar este tiempo se programa la fuerza laboral en la máquina o maquinas que posea mayor demanda, este tipo de estrategia se puede realizar gracias a que el personal está capacitado en más de dos equipos y conocen el proceso por la experiencia adquirida en su estadía en la compañía.

**Cuadro 28. Plan agregado con operarios fijos**

DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Días hábiles	25	24	25	24	24	23
Capacidad Mínima horas	200	192	200	192	192	184
Capacidad Máxima horas	600	576	600	576	576	552
Pronóstico Familia Expandida	8.342	8.480	8.618	8.757	8.895	9.033
Horas requeridas	256,085	260,332	264,578	268,825	273,072	277,318
Requerimiento mano de obra	1,280	1,356	1,323	1,400	1,422	1,507
Ajustar Requerimiento MO	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
% Capacidad utilizada	43%	0	0	0	0	1
Costo total MO	\$ 2.142.000	\$ 2.142.000	\$ 2.142.000	\$ 2.142.000	\$ 2.142.000	\$ 2.142.000

Costo salario mes x trabajador	\$ 1.071.000
Tasa de producción en horas	0,0307

A continuación se muestra las fórmulas utilizadas para determinar los valores presentados en el cuadro 28:

Capacidad en turnos disponible = días hábiles x 3 turnos.

Capacidad mínima = días hábiles x 8 horas.

Capacidad máxima = días hábiles x 24 horas.

Pronóstico = calculado en el punto 6.

Horas requeridas = producción promedio x tasa de producción en horas.

Requerimiento mano de obra = horas requeridas / capacidad mínima horas.

Ajustar requerimiento MO = llevar el requerimiento mano de obra al entero mayor.

% capacidad utilizada = horas requeridas / capacidad máxima.

Costo total MO = Costo salario mes por trabajador x ajustar requerimiento MO.

Por medio de la información suministrada en el cuadro 28, la empresa puede tomar decisiones anticipadas en la utilización de la capacidad, requerimiento de personal y costo del mismo. La experiencia de la fuerza laboral permite flexibilidad y dinamismo en la planeación de la producción.

**5.5.2 Plan maestro de producción.** Después de haber determinado el plan agregado más adecuado a las condiciones de la empresa, se procede a elaborar el plan maestro de producción que se ajuste a los requerimientos del mercado. A continuación se establece el PMP para la referencia objeto de estudio.

## Cuadro 29. Plan de producción

DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Inventario Inicial	800	1.628	1.026	409	937	1.450
Proyección referencia	1.747,61	1.763	1.777	1.792	1.807	1.822
Stock de Seguridad	389	389	389	389	389	389
Requerimiento	(1.337)	(523)	(1.141)	(1.773)	(1.259)	(761)
EPQ	1.288	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160
Cantidad de pedidos	1,04	0,45	0,98	1,53	1,09	0,66
Ajustar # de pedidos al mayor	2	1	1	2	2	1
Pedidos en firme						
MPS	2.576	1.160	1.160	2.320	2.320	1.160
Inventario final	1.628	1.026	409	937	1.450	788
Costo x M2	\$ 11.616,00	\$ 11.616,00	\$ 11.616,00	\$ 11.616,00	\$ 11.616,00	\$ 11.616,00
Costo inventario	\$ 18.915.338	\$ 11.918.763	\$ 4.749.149	\$ 10.883.237	\$ 16.844.287	\$ 9.155.553
Costo de mantener el inventario	\$ 3.783.068	\$ 2.383.753	\$ 949.830	\$ 2.176.647	\$ 3.368.857	\$ 1.831.111

Inv. Inicial = Inv. Final del mes anterior.

Proyección de la demanda = Calculado en el punto 6.

Stock de seguridad = Calculado en el punto 7.

Requerimiento = Pronostico + Inv. Seguridad - Inv. Inicial.

EPQ = Calculado en el punto 7.

Cantidad Pedidos = Requerimiento / EPQ.

Ajustar # pedidos al mayor = llevar al siguiente numero entero.

Pedidos en firme = pedidos fuera del pronóstico.

MPS = Ajustar # pedidos al mayor x EPQ + pedidos en firme.

Inventario Final = Inv. Inicial + Plan de producción – Pronóstico.

En el cuadro 29, se presenta las cantidades a producir para la referencia objeto de estudio, dicho cálculo se realiza de manera integrada con la cantidad económica de producción, stock de seguridad y estimando el inventario final de cada periodo.

Para este caso el MPS me arroja para el mes de enero producir 2 veces el EPQ, el plan de producción proyecta el inventario final del periodo, y con el costo por metro cuadrado se estima el costo del inventario, con la tasa de mantener el inventario se estima el costo de mantenerlo.

**5.5.3 Explosión de material.** La explosión de materiales para la referencia objeto de estudio se conforma de un solo material (Lamina HR calibre 12).

1 lamina HR cal 12 (1x7m) genera un rollo de 1m de ancho por 28m de largo.

Requerimiento = MPS / 28m = 2.320 / 28 = 82,86 = 83 láminas

1 lámina pesa 137,5

Total kilos 83 x 137,5 = 11.412,5 kg/mes

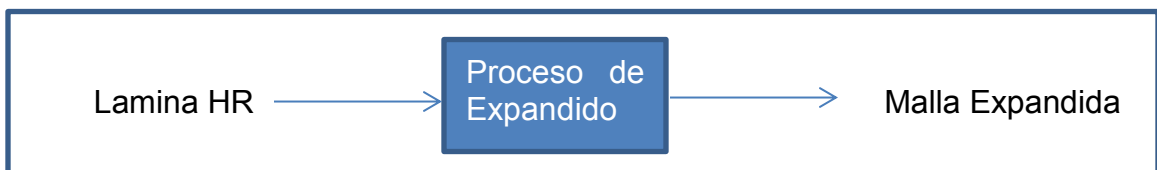
Tiempo de entrega por parte del proveedor = 8 días

Los pedidos se realizan con base al sistema establecido para el control del inventario determinado en el punto 7.

**5.5.4 Programación y control de la producción.** La programación y control en la producción en la compañía es un problema que ha venido creciendo a raíz del incremento en la producción y por la falta de un método que disminuya la complejidad y desgaste de las personas encargadas de la labor.

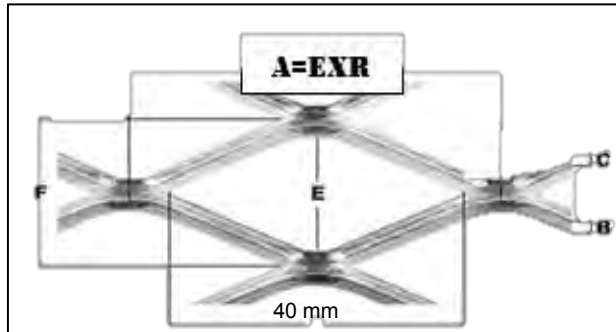
Los procesos en las diferentes máquinas se puede catalogar como sencillo, puesto que su complejidad está dada por la cantidad de referencias que se producen por máquina, lo que indica que realizando una secuencia lógica que minimice los costos y los tiempos en la producción, se contribuye con el mejoramiento y control en la programación de la producción.

**Figura 21. Diagrama de proceso**



**5.5.4.1 Determinación de la secuencia.** En la línea MDL se producen 23 referencias que se dividen en 7 clases por la longitud del rombo de extremo a extremo de forma horizontal.

**Figura 22. Rombo de la malla**



**Fuente:** Icomallas

- El cambio se genera cuando las dimensiones del rombo cambian, es decir cuando se pasa de una EXR100 a una EXR40. Se debe cambiar punzones y cuchilla.
- El tiempo de alistamiento por el cambio de referencia es de 4 horas = 240 min.
- El cambio de cualquier vena genera 20 min aprox.

Con base a la teoría de talleres de producción continua “Flow Shop” se pretende establecer la mejor secuencia que logre organizar la lista de ordenes de producción de acuerdo a la regla de despacho, el cual tiene como objetivo que las ordenes pasen el menor tiempo posible en el sistema.

Para este caso la fecha de liberación de las órdenes son la misma, ya que contamos con el inventario de punto reorden y el inventario de seguridad que responde a la necesidad de la demanda, en espera de la reposición del inventario.

La regla de despacho minimiza el tiempo de flujo y consiste en ordenar los trabajos siguiendo la secuencia del más corto al más largo, es decir la secuencia con el tiempo de procesamiento más corto, TPC.

Para calcular el tiempo de flujo total se suman los tiempos de terminación de todos los trabajos:

$$F = P_1 + (P_1+P_2) + (P_1+P_2+P_3) + \dots + (P_1+P_2+P_3+\dots+P_n)$$

Arreglando los términos se tiene:

$$F = nP_1 + (n-1)P_2 + (n-2)P_3 + \dots + P_n$$

El orden es lógico ya que si el trabajo que entra en la primera posición tiene el menor tiempo de procesamiento, este se repetirá  $n$  veces y de manera similar el segundo que entra  $(n-1)$  veces y así sucesivamente, quedando el más largo de último.

En el cuadro 30, se presenta las referencias que se producen en la maquina objeto de estudio “MDL”, se realiza una simulación con las cantidades promedio que se programan en la línea.

**Cuadro 30. Secuencia de TPC**

Código	Descripción	Clase	Vena	Calibre	Tipo de Material	Tiempo de proceso M2	Cantidad a Producir	Horas requeridas	n	Tiempo de proceso	Tiempo de alistamiento	Tiempo total
20422L	EXPANDIDO HR EXR 100 V11 CAL 3/16 1X2.5	100	11	3/16	HR	1	200	3,3	23	76,67	4	81
20648LA	EXPANDIDO HR EXR 100-A V6.5 CAL 3/16	100-A	6,5	3/16	HR	1,7	150	4,3	22	93,50	4	98
20576	EXPANDIDO INOX EXR 75 V5 CAL 3	75	5	3	INOX	1,2	230	4,6	21	96,60	4	101
20424L	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16 1X2.50	75	5	3/16	HR	2,5	120	5,0	20	100,00		100
20421	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16	100	7	3/16	HR	1	450	7,5	19	142,50	4	147
20421L	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16 1X2.50	100	7	3/16	HR	1	500	8,3	18	150,00		150
20433LA	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 1X2	30	2,5	12	HR	2,2	240	8,8	17	149,60	4	154
20552	EXPANDIDO INOX EXR 40 V3 CAL 12	40	3	12	INOX	1,8	300	9,0	16	144,00	4	148
20425	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12	75	4,5	12	HR	1,8	370	11,1	15	166,50	4	171
20425LA	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12 1X2	75	4,5	12	HR	1,8	400	12,0	14	168,00		168
20531LA	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	20	2,5	12	HR	4	180	12,0	13	156,00	4	160
20474	EXPANDIDO HR EXR 100 V16 CAL 3/16	100	16	3/16	HR	1	800	13,3	12	160,00	4	164
20430LA	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12 1X2	60	4	12	HR	2	400	13,3	11	146,67	4	151
20430	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12	60	4	12	HR	2	430	14,3	10	143,33		143
20651	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12	50	3,5	12	HR	2	500	16,7	9	150,00	4	154
20651LA	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12 1X2	50	3,5	12	HR	2	520	17,3	8	138,67		139
20433	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 CERDOS	30	2,5	12	HR	2,2	480	17,6	7	123,20		123
20440L	EXPANDIDO HR EXR 40 V8 CAL 12 1X2.50	40	8	12	HR	2,8	400	18,7	6	112,00	4	116
20424	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16	75	5	3/16	HR	2,5	450	18,8	5	93,75	4	98
20626LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V4.5 CAL 3/16 1X2	40	4,5	3/16	HR	2,3	500	19,2	4	76,67	4	81
20412LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	40	3	12	HR	2,14	600	21,4	3	64,20		64
20531	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	20	2,5	12	HR	4	350	23,3	2	46,67	4	51
20412	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	40	3	12	HR	2,14	1.200	42,8	1	42,80	4	47
TOTAL										2.741,32	64,00	2.805

Utilizando la técnica TPC, se realiza lo siguiente:

- ✓ Multiplicar la cantidad a producir por el tiempo de proceso de M2 en minutos, y se divide entre 60 min para llevarlo a horas.

- ✓ Organizo de menor a mayor las horas requeridas de proceso como se muestra en la columna nombrada “Horas requeridas”.
- ✓ Se da un número del 1 al 23, y se organiza de mayor a menor.
- ✓ Se multiplica el número “n” con las horas requeridas y se totaliza para obtener el tiempo de flujo de la secuencia para este caso es de 2.741,32 horas.
- ✓ Se determina los cambios necesarios para cumplir esta secuencia, para este caso son 16 cambios para un total de 64 horas, y un tiempo total de 2.805 horas.

El objetivo es buscar la mejor secuencia que genere un menor tiempo de producción, por esta razón se realiza una nueva secuencia teniendo en cuenta el tiempo de alistamiento como lo realiza la empresa hoy día.

**Cuadro 31. Secuencia de TPC y alistamiento**

Código	Descripción	Clase	Vena	Calibre	Tipo de Material	Tiempo de proceso M2	Cantidad a Producir	Horas requeridas	n	Tiempo de proceso	Tiempo de alistamiento	Tiempo total
20648LA	EXPANDIDO HR EXR 100-A V6.5 CAL 3/16	100-A	6,5	3/16	HR	1,7	150	4,25	23	97,75	4	101,75
20422L	EXPANDIDO HR EXR 100 V11 CAL 3/16 1X2.5	100	11	3/16	HR	1	200	3,33	22	73,33		73,33
20421	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16	100	7	3/16	HR	1	450	7,50	21	157,50	4	161,50
20421L	EXPANDIDO HR EXR 100 V7 CAL 3/16 1X2.50	100	7	3/16	HR	1	500	8,33	20	166,67		166,67
20474	EXPANDIDO HR EXR 100 V16 CAL 3/16	100	16	3/16	HR	1	800	13,33	19	253,33		253,33
20576	EXPANDIDO INOX EXR 75 V5 CAL 3	75	5	3	INOX	1,2	230	4,60	18	82,80	4	86,80
20424L	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16 1X2.50	75	5	3/16	HR	2,5	120	5,00	17	85,00		85,00
20425	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12	75	4,5	12	HR	1,8	370	11,10	16	177,60		177,60
20425LA	EXPANDIDO HR EXR 75 V4.5 CAL 12 1X2	75	4,5	12	HR	1,8	400	12,00	15	180,00		180,00
20424	EXPANDIDO HR EXR 75 V5 CAL 3/16	75	5	3/16	HR	2,5	450	18,75	14	262,50		262,50
20430LA	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12 1X2	60	4	12	HR	2	400	13,33	13	173,33	4	177,33
20430	EXPANDIDO HR EXR 60 V4 CAL 12	60	4	12	HR	2	430	14,33	12	172,00		172,00
20651	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12	50	3,5	12	HR	2	500	16,67	11	183,33	4	187,33
20651LA	EXPANDIDO HR EXR 50 V3.5 CAL 12 1X2	50	3,5	12	HR	2	520	17,33	10	173,33		173,33
20552	EXPANDIDO INOX EXR 40 V3 CAL 12	40	3	12	INOX	1,8	300	9,00	9	81,00	4	85,00
20440L	EXPANDIDO HR EXR 40 V8 CAL 12 1X2.50	40	8	12	HR	2,8	400	18,67	8	149,33		149,33
20626LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V4.5 CAL 3/16 1X2	40	4,5	3/16	HR	2,3	500	19,17	7	134,17		134,17
20412LA	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	40	3	12	HR	2,14	600	21,40	6	128,40		128,40
20412	EXPANDIDO HR EXR 40 V3 CAL 12	40	3	12	HR	2,14	1200	42,80	5	214,00		214,00
20433LA	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 1X2	30	2,5	12	HR	2,2	240	8,80	4	35,20	4	39,20
20433	EXPANDIDO HR EXR 30 V2.5 CAL 12 CERDOS	30	2,5	12	HR	2,2	480	17,60	3	52,80		52,80
20531LA	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	20	2,5	12	HR	4	180	12,00	2	24,00	4	28,00
20531	EXPANDIDO HR EXR20 CAL12 V2.5 LECHON-APL	20	2,5	12	HR	4	350	23,33	1	23,33		23,33
							TOTAL			3080,717	32	3.112,72

Aplicando la técnica TPC y teniendo en cuenta el alistamiento, se obtiene:

- ✓ Multiplicar la cantidad a producir por el tiempo de proceso de M2 en minutos, y se divide entre 60 min para llevarlo a horas.



- ✓ Organizo los datos con base a la clase de mayor a menor, y las horas requeridas de menor a mayor.
- ✓ Se da un número del 1 al 23, y se organiza de mayor a menor.
- ✓ Se multiplica el número “n” con las horas requeridas y se totaliza para obtener el tiempo de flujo de la secuencia para este caso es de 3.080,71 horas.
- ✓ Se determina los cambios necesarios para cumplir esta secuencia, para este caso son 8 cambios para un total de 32 horas, y un tiempo total de 3.112,72 horas.

En conclusión la mejor secuencia para esta simulación es la primera, la cual no tiene en cuenta el alistamiento puesto que el tiempo total es de 2.805 horas y la segunda secuencia es de 3.112,72 horas, la diferencia en tiempo es de 307,72 horas, una reducción del 9,88% del tiempo.

**5.5.5 Programa de producción.** Una de las inquietudes es que, cuando y cuanto programar para garantizar la disponibilidad de producto a la hora de vender. Es una actividad que afecta los inventarios de manera positiva o negativa dependiendo el caso. En Icomallas manejan una política de 26 días con el fin de cubrir todas estas incertidumbres. Es por esto que es vital definir un método que satisfaga las necesidades del cliente, de la planta de producción y de la compañía en general.

En el cuadro 32 se presenta el programa de producción por semanas teniendo en cuenta las variables calculadas anteriormente como EOQ, Punto de pedido y stock de seguridad:

**Cuadro 32. Programa de producción semanal**

Periodo	M2	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8
Inv. Inicial	1.922	1.573	1.224	875	526	1.465	1.116	767	1.706
Consumo estimado	349	349	349	349	349	349	349	349	349
Saldo final	1.573	1.224	875	526	1.465	1.116	767	1.706	1.357
Cantidad Ordenar EPQ				1.288			1.288		

Cuando el inventario de la semana cae a punto de pedido se debe programar el EOQ en la semana siguiente con la secuencia de producción definida anteriormente. Mientras se está produciendo el EOQ, el inventario de punto de

reorden es el encargado de cubrir la demanda hasta producir el total del pedido, y el inventario de seguridad es el encargado de minimizar las variaciones en la demanda. Con este sistema no se presentará inconvenientes en la disponibilidad en el inventario.

#### Cálculos

Inventario inicial = inventario final de la semana anterior

Consumo estimado = pronostico mensual / 30 días

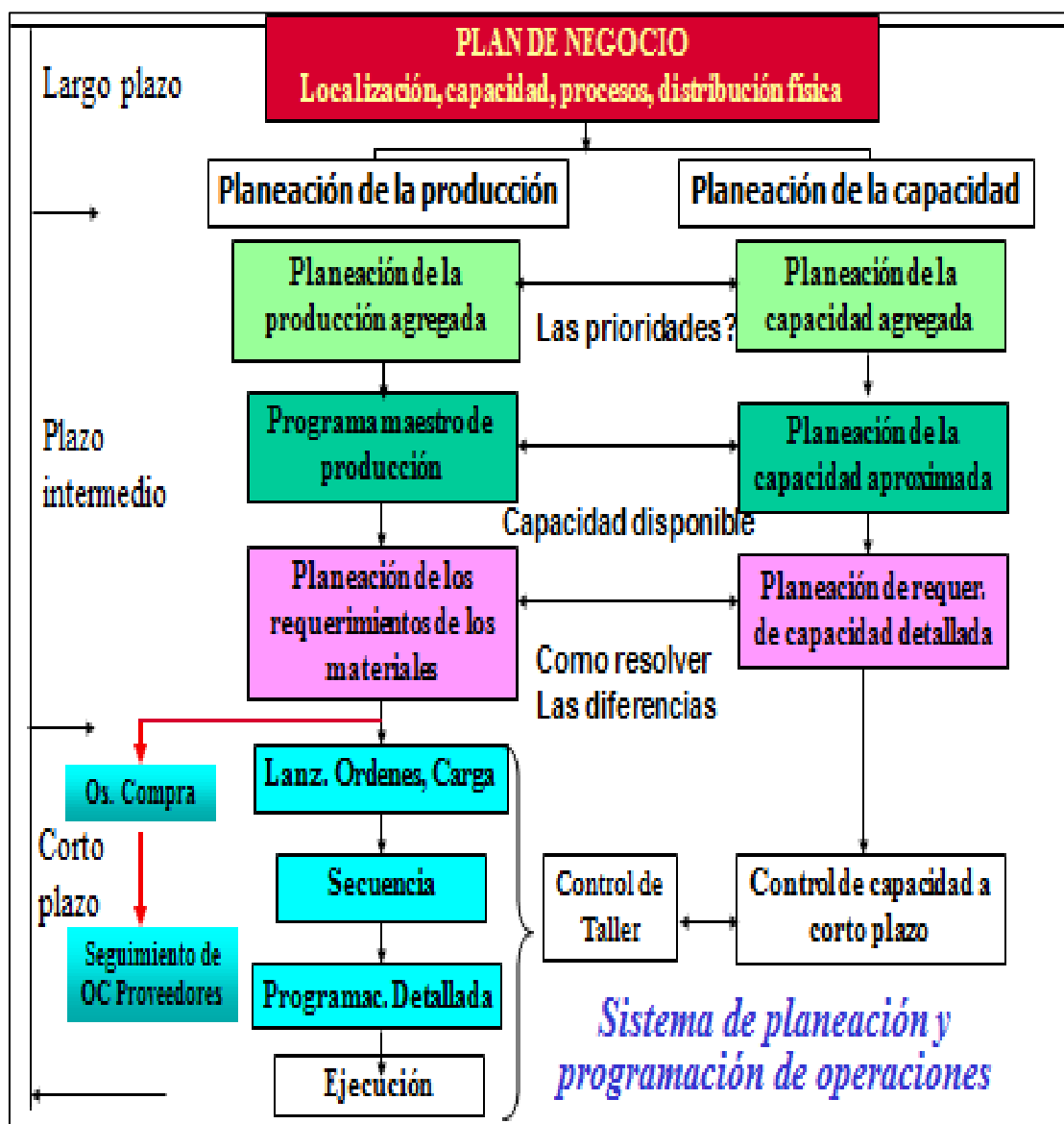
Saldo final = Inv. Inicial + cantidad ordenar – consumo estimado

Cantidad ordenar = EOQ

El éxito de este sistema depende de la información actualizada, el continuo seguimiento al comportamiento de la venta y al cumplimiento al programa en la producción.

En la siguiente figura se presenta el flujo grama del sistema de planeación y programación de la producción para empresas industriales.

**Figura 23. Sistema de planeación y programación de la producción**



**Fuente:** Diapositiva Planeación y programación de la producción - Gestión de la producción y logística – universidad Autónoma de occidente

## 6. BENEFICIOS

A continuación se presenta los beneficios que la empresa obtendrá si decide implementar los sistemas propuestos para los diferentes procesos.

### 1. SISTEMA PARA PRONOSTICAR LA DEMANDA

La empresa contará con un sistema para pronosticar la demanda, y por medio de ella le permitirá:

- Tener un valor esperado de la demanda que le permitirá implementar un proceso de planeación ajustado a la realidad y confiable, a su vez le permitirá calcular:
  - La necesidad de la fuerza laboral
  - Requerimiento de materia prima
  - Los tiempo requeridos de producción
- Conocer anticipadamente los costos de producción

### 2. SISTEMA PARA EL CONTROL DE LOS INVENTARIOS

Al desarrollar este sistema la compañía tendrá:

- La cantidad de material a comprar cuando llegue a su punto de pedido.
- La cantidad de producto terminado a programar cuando llegue a su punto de pedido.
- El inventario de seguridad que soporta las variaciones de la demanda para garantizar el nivel de servicio especificado y evitar faltantes.
- Introducir al sistema de planeación el concepto de nivel de servicio, para calcular el inventario de seguridad que permitirá cubrir la variabilidad de la demanda.
- Al implementar el EOQ y el EPQ, se garantizará el costo óptimo de tener inventario.

### 3. PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La empresa contará con un sistema de planeación y programación de la producción, que le permitirá:

- A través de la planeación agregada, la empresa tendrá una visión de lo que sucederá en el futuro en cuanto a:
  - Capacidad requerida
  - Niveles de mano de obra
  - Niveles agregados de producción
  - Inventarios finales
- Contar con un plan maestro de producción a tiempo, para cumplir con la demanda.
- Contar con una programación de piso por referencia donde conozca la fecha de inicio y terminación de los trabajos.

## **7. CONCLUSIONES**

Durante la realización de este proyecto, se lograron constatar diversos aspectos propios de la ingeniería industrial aplicables a distintos problemas presentes en el área objeto de estudio, y que abarcan diversos temas vistos como son Gestión de operaciones (pronósticos, inventarios, plan de producción y programación).

Establecer un sistema para pronosticar permite a la empresa tener una visual a lo que se enfrentarán a corto, mediano y largo plazo. Es por ello que esta actividad debe ser realizada con información confiable para tener mayor exactitud, ya que de ella dependen muchas decisiones futuras en general en control de materiales, producción y ventas entre otros.

Es importante mantener los inventarios controlados, vigilados y ordenados para facilitar a la organización el manejo adecuado de su capital de trabajo, como el abastecerse en el momento y cantidad adecuada.

La política para inventario es un factor que afecta el tamaño del mismo, por esta razón es importante la calidad del pronóstico, ya que con base a él se calcula el tamaño de pedido, punto de pedido y punto de reorden, variables que permiten el abastecimiento oportuno.

La utilización de un plan maestro de producción le genera a la empresa la visión del estado actual de su planta en cuanto a su capacidad para producir y recursos necesarios para cumplir con el plan de producción, también le proporciona información para tomar decisiones estratégicas, que lo conducen a ser más competitivo en el mercado.

La mejor secuencia para programar la producción es utilizando la regla de despacho que se basa en el tiempo de procesamiento corto o menor TPC, independiente del tiempo de alistamiento que se necesite.

## **8. RECOMENDACIONES**

Para lograr mejorar la planeación de la producción en Icomallas S.A., se plantean las siguientes recomendaciones:

- Completar el análisis para establecer las proyecciones del resto de las referencias, con el fin de tener la visual de la demanda y los factores internos o externos que la afectan.
- Capacitación a las personas encargadas de construir y administrar la información, de tal manera que puedan identificar necesidades y anticiparse ante ellas.
- Trabajar en minimizar los tiempos de alistamiento, esto le ayuda a tener una producción flexible y dinámica.
- Establecer procedimientos para esta propuesta de mejora, de esta manera se garantiza la sostenibilidad del proceso.
- Sensibilizar al equipo de producción sobre la importancia de implementar esta propuesta de mejora a la planeación de la producción, con ello se consigue el compromiso por parte de todos.

## BIBLIOGRAFIA

BASTIDAS, Edwin., Modelos de pronósticos [diapositiva]. Gestión de operaciones, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 189 diapositivas.

BASTIDAS, Edwin., Modelos de inventarios [diapositiva]. Gestión de inventarios, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 75 diapositivas.

BASTIDAS, Edwin., Modelos de inventarios [diapositiva]. Sistema s,Q, Universidad Autónoma de Occidente, 2010. 64 diapositivas.

CASTRO, Carlos Alberto y VELEZ, Mario César. Modelo para la Selección de un Sistema de Programación para la Producción. Un Enfoque Estratégico. En: Revista Universidad EAFIT. No. 128. 10 p.

CHASE, B. Richard; AQUILANO J. Nicholas y JACOBS Robert F. Planeación y Programación de la Producción. En Administración de Producción y Operaciones. Manufactura y Servicios. 8ª Edición. Editorial Mc Graw Hill. 2000. Págs. 624 – 668.

CHASE, B. Richard y AQUILANO J. Nicholas. Planeación de Los Requerimientos de Material. En Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones. 6ta. Edición. Addison Wesley Iberoamericana S.A., 1994. Pág. 496-682.

EVERETT E. Adam, Jr.. Administración de la Producción y las Operaciones. Conceptos, Modelos y Funcionamiento. 4ª Edición. Prentice Hall. 1991.

EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 410- 420.

Empresa Icomallas S.A.. Aspectos generales [en línea]. <<http://www.icomallas.com/home.html>> [citado en 20 de septiembre de 2014].

GAITHER, Norman y FRAZIER, Greg. Planeación Agregada y Programa Maestro de Producción. En Administración de Producción y Operaciones. 4ta. Edición. International Thomson Editores. 2000. Págs. 312 - 353.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. ICONTEC: Referencias Bibliográficas: Contenido, Forma y Estructura. NTC 5613. Bogotá, D.C.: El Instituto. 2.008 33 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. ICONTEC: Documentación. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y Otros Trabajos de Investigación. Bogotá, D.C.: El Instituto. 2.008 42 p.

Investigación de operaciones. Administración de inventarios. [en línea]. <<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/>> [citado el 23 de septiembre de 2014].

LAVERDE, Juan Carlos. Lean manufacturing, Mapa del flujo de valor [diapositivas], Centro Nacional de Productividad. 2010. 90 diapositivas.

MARIN, Sandra Lorena. Diseño y Aplicación de un sistema de Planeación y Programación de la Producción en una Empresa Procesadora de Lácteos. Trabajo de Grado Ingeniero de Producción. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2005. 175 p.

MAYA, María Alejandra. El diseño y desarrollo de software para la planeación. Trabajo de Grado Ingeniera de Producción. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Departamento Sistemas de Producción. 2004. 175 p

MOYANO Andrés, HERNANDEZ John, Diagnostico de las prácticas de planeación, programación y control de la producción en la empresa de confecciones manufacturas picas LTDA. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero industrial. Santiago de Cali, Colombia: Universidad San Buenaventura. 2003.

NARANJO, María Elena. Tesis Diseño de un Sistema de Control de Producción para la Empresa Ecuamatrix Cía. & Ltda., de la Ciudad de Ambato. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2006. 97 p.

Negocios globales. El costo de mantener inventarios [en línea]. <<http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=749&edi=32&xit=una-verdad-incomoda-el-costode-mantener-inventarios>> [citado el 26 de septiembre de 2014].



OSORIO, Juan Carlos G., CASTRILLÓN, Oscar Eduardo M., TORO, Juliana Andrea C., y OREJUELA, Juan Pablo C., Revista ingeniería e investigación vol. 28 No. 2. AGOSTO, 2008.p. (72-79)

PACUAL Calderón, Emilsen. Tesis Mejora de Procesos en una Imprenta que realiza Trabajos de Impresión Offset Basados en la Metodología Six Sigma. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2009. 107 p.

PROYECTO CYGA. CAPACITACIÓN METODOLOGÍA LEAN SIGMA. (Junio 2011 – Mayo 2012: Cali, Colombia). Presentación Pull System. Cali: Centro Nacional de Productividad Colombia, 2011.

QuimiNet.com. Diferencia entre mercado industrial y mercado de consumo [en línea]. <http://www.quiminet.com/empresas/diferencia-entre-mercado-industrial-y-mercado-de-consumo-2742243.htm> [citado el 20 de septiembre].

REVOLLO, Ignacio y SUAREZ, Juan Diego. Propuesta para el Mejoramiento de la Producción en Alimentos SAS S.A. a través de la Estructuración de un Modelo de Planeación, Programación y Control de la Producción. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. 2009. 128 p.

R.G. Brown, Smoothing Forecasting and Prediction of Direct time Series (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1963), p.2. Citado por: EVERRETT, E. Adam Jr. and EBERT, Ronald. J., Administración de la producción y las operaciones, México, 1991. p. 84.

SANCHEZ, Paola y ORTEGA Carlos Eduardo. Análisis, Diseño y Desarrollo de un Sistema de Planeación, para la Gestión del Servicio y la Producción de Software del Departamento de I&D de Sistemas de Información Empresarial S.A. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Santiago de Cali: Universidad de Autónoma de Occidente, 2003. 129 p.

SILVA, Alejandro. Planificación de la producción [diapositivas] Gestión de operaciones II. Universidad Autónoma de Occidente. 2011. 19 diapositivas.

SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert. Production: Planning, Control and Integration. New York: McGraw Hill, 1997.

SOTO, Hernán., Planeación y programación de producción [diapositiva]. Gestión de la producción y logística, Universidad Autónoma de Occidente, 2014. 120 diapositivas.

## ANEXOS

## ANEXO A Mapeo de la Cadena de Valor

